

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroniky**

**Modernizace řízení vzduchotechniky pro kinosál**  
**Modernization of Air-Conditioning System Control for Cinema**

2018

Bc. Ondřej Gajdušek

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Gajdušek**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2612T003 Aplikovaná elektronika  
Téma: **Modernizace řízení vzduchotechniky pro kinosál**  
**Modernization of Air-Conditioning System Control for Cinema**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište stávající systém řízení vzduchotechniky s ohledem na jeho výhody a nevýhody
2. Navrhněte a realizujte modernizaci řízení vzduchotechniky
3. Do nově realizovaného systému implementujte algoritmus řízení s možností vizualizace stavů
4. Proved'te ověření funkčnosti a měření dle pokynů vedoucího DP

Seznam doporučené odborné literatury:


Dle doporučení vedoucího DP

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

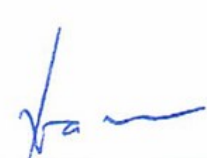
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libor Štěpanec, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě .....30.4.2018

.....  
Ondřej Gajdušek

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Liboru Štěpěncovi, Ph.D., za cenné rady, konzultace a připomínky k vytvoření mé diplomové práce.

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce bylo zmodernizovat a zefektivnit řízení vzduchotechniky pro kinosál. Stávající řídicí systém, který je již zastaralý, byl nahrazen novým. Došlo i na změnu řízení motorů ventilátorů, kde přibýly frekvenční měniče. Proběhlo taky zakomponování řízení kotelny a teploty v ostatních prostorech kina. Hlavní změnou je vizualizace realizovaná formou web-serveru a realizace vzdáleného přístupu pro obsluhu a programátora v případě nutných změn.

Tato diplomová práce obsahuje popis vzduchotechniky a možnosti jejího řízení, využití PLC a DDC regulátorů a jejich programování. Dále se práce zabývá porovnáním nového a původního stavu regulace teploty v kinosále. Získané poznatky byly využity v praktické části práce, tedy k realizaci samotného projektu.

## **Klíčová slova**

Tecomat, regulace, vytápění, vzduchotechnika, řízení

## **The Abstract**

The aim of this diploma thesis was to modernize and improve control of air-conditioning in a cinema. The current control system, which is outdated, has been replaced with a modern one. There was also a change in the fan motor control, where new frequency converters were added. The regulation of a boiler room and the temperature in other part of the cinema has also become a part of this new study. The main change is visualization realized in the form of a web server and visualization of a remote access for an operator and a programmer in case of necessary changes.

This diploma thesis contains a description of an air-conditioning and possibilities of its control, the use of PLC and DDC regulators and their programming. Furthermore, the thesis deals with a comparison of the new and the old conditions of temperature regulation in the cinema. The acquired information was used in the practical part of the thesis, it means in the realization of the project.

## **The Keywords**

Tecomat, regulation, heating, air condition, control

## Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....                                     | <b>8</b>  |
| <b>Seznam ilustrací</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>Seznam tabulek</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>1 Úvod</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2 Vzduchotechnická jednotka a principy jejího řízení</b> .....                  | <b>11</b> |
| 2.1 Vzduchotechnická jednotka .....  | 11        |
| 2.2 Jednotlivé komponenty tvořící VZT jednotku .....                               | 11        |
| 2.2.1 Klapky .....   | 11        |
| 2.2.2 Filtry .....   | 11        |
| 2.2.3 Chladič .....  | 12        |
| 2.2.4 Ohřívač .....  | 12        |
| 2.2.5 Zpětné získávání tepla .....   | 12        |
| 2.2.6 Směšovací komora .....   | 13        |
| 2.2.7 Ventilátor .....   | 13        |
| 2.3 Řízení VZT jednotek .....  | 13        |
| 2.3.1 Řízení klapek .....  | 16        |
| 2.3.2 Snímání zanesení filtrů .....  | 17        |
| 2.3.3 Řízení chlazení .....  | 17        |
| 2.3.4 Řízení topení .....  | 17        |
| 2.3.5 Řízení zpětného zisku tepla .....  | 17        |
| 2.3.6 Řízení směšování .....   | 17        |
| 2.3.7 Řízení ventilátorů .....   | 17        |
| 2.4 Příklad regulace teploty v místnosti .....                                     | 18        |
| <b>3 Kotelna</b> .....   | <b>19</b> |
| <b>4 Porovnání původní a nové regulace</b> .....                                   | <b>21</b> |
| 4.1 Porovnání řídicích systémů .....   | 21        |
| 4.2 Porovnání regulace .....   | 25        |
| 4.3 Popis jednotlivých řídicích okruhů s principiálními regulačními schématy ..... | 26        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Realizace díla .....</b>                            | <b>29</b> |
| 5.1      | Použitá instrumentace .....                            | 30        |
| 5.2      | Parametrování frekvenčních měničů .....                | 35        |
| 5.3      | Oživení řídicího systému, snímačů a akčních členů..... | 38        |
| 5.4      | Odladění systému .....                                 | 38        |
| 5.5      | Vzdálený přístup pomocí web-serveru.....               | 38        |
| <b>6</b> | <b>Ověření výsledků pomocí měření .....</b>            | <b>46</b> |
| <b>7</b> | <b>Závěr .....</b>                                     | <b>52</b> |
| <b>8</b> | <b>Zdroje .....</b>                                    | <b>53</b> |
| <b>9</b> | <b>Seznam příloh.....</b>                              | <b>54</b> |

## Seznam použitých symbolů a zkratek

|      |  |
|------|--|
| AI   | analogový vstup                        |
| AO   | analogový výstup                       |
| DI   | digitální vstup                        |
| DO   | digitální výstup                       |
| EPS  | elektronická požární signalizace       |
| FBD  | jazyk blokových schémat                |
| FM   | frekvenční měnič                       |
| GSM  | globální systém pro mobilní komunikaci |
| HVAC | topení, větrání a klimatizace          |
| I/O  | vstup/výstup                           |
| IL   | jazyk seznamu instrukcí                |
| LD   | jazyk příčkového diagramu              |
| MaR  | měření a regulace                      |
| PLC  | programovatelný logický počítač        |
| ppm  | miliontina celku                       |
| PWM  | pulzně šířková modulace                |
| ST   | jazyk strukturovaného textu            |
| ÚT   | ústřední topení                        |
| VZT  | vzduchotechnika a klimatizace          |
| ZZT  | zpětné získávání tepla (rekuperace)    |



## Seznam ilustrací

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Obr. 1: Schéma VZT jednotky pro kinosál .....</i>   | <i>11</i> |
| <i>Obr. 2: Základní regulační schéma.....</i>  | <i>13</i> |
| <i>Obr. 3: Ukázka programování pomocí kódu v jazyku ST.....</i>  | <i>15</i> |
| <i>Obr. 4: Ukázka programování FBD [2] .....</i>   | <i>16</i> |
| <i>Obr. 5: Příklad principu řízení teploty.....</i>  | <i>18</i> |
| <i>Obr. 6: Schéma kotelny .....</i>  | <i>19</i> |
| <i>Obr. 7: Směšované větve ÚT.....</i>   | <i>19</i> |
| <i>Obr. 8: Ekvitermní křivky [11].....</i>   | <i>20</i> |
| <i>Obr. 9: Regulátor EXCEL 50.....</i>   | <i>22</i> |
| <i>Obr. 10: Tecomat Foxtrot CP-1016 [5].....</i>   | <i>23</i> |
| <i>Obr. 11: Modul IB-1301 [5] .....</i>  | <i>23</i> |
| <i>Obr. 12: Modul IR-1501 [5] .....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Obr. 13: Modul C-IT-0504S [5].....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Obr. 14: Principiální schéma regulace rychlosti otáček motorů a směšování dle CO<sub>2</sub>.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Obr. 15: Principiální schéma regulace teploty prostoru .....</i>                                      | <i>27</i> |
| <i>Obr. 16: Nový rozvaděč .....</i>  | <i>29</i> |
| <i>Obr. 17: Detektory hořlavých plynů [9] .....</i>  | <i>30</i> |
| <i>Obr. 18: Presostaty pro nízký a vysoký tlak v ÚT.....</i>   | <i>31</i> |
| <i>Obr. 19: AGS54+snímač teploty venkovní (vlevo), VFG54+příložný snímač teploty (vpravo) [7] .....</i>  | <i>31</i> |
| <i>Obr. 20: AKF10+snímač teploty stonkový (vlevo), WRF04 snímač teploty interiérový (vpravo) [7] .</i>   | <i>31</i> |
| <i>Obr. 21: Kapilárový termostat.....</i>  | <i>32</i> |
| <i>Obr. 22: Spínač tlakové difference.....</i>   | <i>32</i> |
| <i>Obr. 23: Snímač CO<sub>2</sub> [8] .....</i>  | <i>33</i> |
| <i>Obr. 24: Servopohon AF 24-SR (vlevo), Servopohon AM 24-SR (vpravo) .....</i>                          | <i>33</i> |
| <i>Obr. 25: Frekvenční měnič k rotačnímu rekuperátoru .....</i>  | <i>34</i> |
| <i>Obr. 26: Frekvenční měnič Invertek .....</i>  | <i>34</i> |
| <i>Obr. 29: Makro funkce ovládání ze svorkovnice [6].....</i>  | <i>37</i> |
| <i>Obr. 30: Okno vizualizace VZT jednotky .....</i>  | <i>40</i> |
| <i>Obr. 31: Okno vizualizace pro nastavení parametrů VZT jednotky.....</i>                               | <i>41</i> |
| <i>Obr. 32: Okno vizualizace pro ÚT herci.....</i>   | <i>42</i> |
| <i>Obr. 33: Okno vizualizace pro ÚT zázemí (foyer) .....</i>   | <i>43</i> |
| <i>Obr. 34: Okno vizualizace pro zobrazení poruchových stavů.....</i>                                    | <i>44</i> |
| <i>Obr. 35: Okno vizualizace pro servis a archiv trendů .....</i>  | <i>45</i> |

## Seznam tabulek

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tab. 1: Vstupy/výstupy regulátoru EXCEL 50 [10] .....</i> | <i>22</i> |
|--|-----------|

# 1 Úvod

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření projektu pro modernizaci řízení vzduchotechniky s novým řídicím systémem, frekvenčními měniči pro řízení otáček motorů ventilátorů a vizualizace pomocí web-serveru. Cílem bylo vytvořit komplexní řízení pro kotelnu a vzduchotechniku tak, aby ovládání ze strany investora bylo co nejsnadnější.

Tato práce se nejprve zabývá obecným popisem vzduchotechnických zařízení, jejich základními částmi a funkcí jednotlivých komponentů. Dále je popsáno řízení komponentů a havarijních prvků pro zamezení škod.

Následující část práce se zabývá popisem původní regulace. Z hlediska koncepce šlo o dva samostatné celky pracující nezávisle na sobě s různým druhem řízení. Jedním z celků byla kotelna, kde se o řízení staral řídicí systém kotlů a poruchové stavy byly snímány poruchovou signalizací ELSI8 od firmy Siemens. Druhým celkem bylo vzduchotechnické zařízení, které vytápělo a větralo kinosál. Zde se o řízení staral zastaralý regulátor EXCEL50 od firmy Honeywell.

V další části bude popsána nová regulace, kde došlo ke změně koncepce. Oba celky se spojily v jediný. Nejprve bylo nutné vytvořit schéma nového rozvaděče, podle kterého se vytvořil výsledný řídicí software. O řízení tohoto celku se nově stará PLC od firmy Teco a.s. - Tecomat Foxtrot CP-1016. Dále na vzduchotechnické jednotce přibýly frekvenční měniče, které řídí množství přiváděného vzduchu z důvodu proměnné obsazenosti kinosálu. Otáčky ventilátoru budou nově řízeny dle snímače CO<sub>2</sub>.

Nejpodstatnější částí diplomové práce je předvedení nabytých teoretických znalostí při samotné realizaci díla a ukázka funkčnosti.

## 2 Vzduchotechnická jednotka a principy jejího řízení

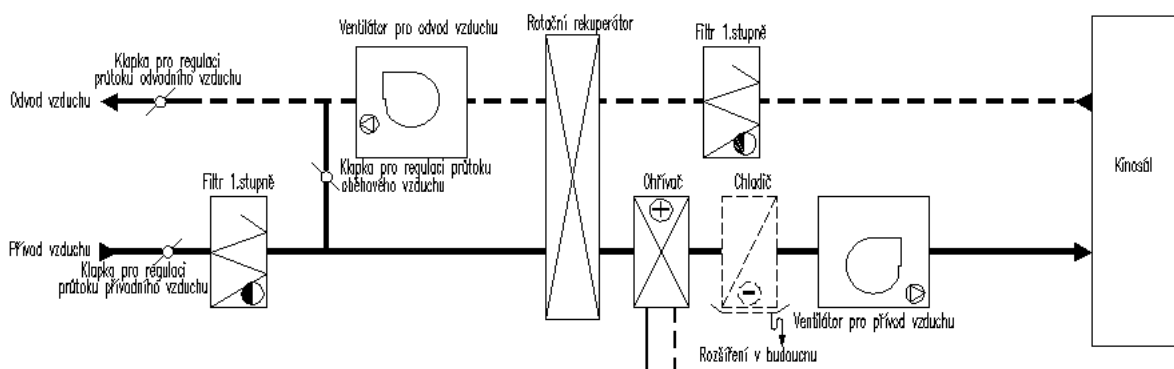
### 2.1 Vzduchotechnická jednotka

Vzduchotechnické jednotky slouží k úpravě a distribuci vzduchu. Každá jednotka je tvořena komorami, kde jednotlivé komory obsahují komponenty pro úpravu vzduchu např. ohřívání, chlazení, filtraci a vlhčení vzduchu. Základní prvky tvořící vzduchotechnickou jednotku jsou filtry, klapky, rekuperátor – jednotka pro zpětné získávání tepla, směšovací komora, chladicí registr, ohřívací registr, zvlhčovač a ventilátor. Ventilátor je hlavní součástí každé jednotky, zajišťuje uvedení vzduchu do pohybu pro jeho transport na místo určení.

Důležitou součástí z hlediska lidského zdraví jsou vzduchové filtry, ty odlučují částice obsažené ve vzduchu jako např. prach, pyl a částice obsažené v kouři. Existuje mnoho druhů filtrů dle jemnosti použité tkaniny a požadavku na třídu čistoty vzduchu.

Vzduchotechnické jednotky musí být navrženy tak, aby svým chodem neporušovaly hygienické normy z hlediska hluku. K tomuto se využívá umístění ve speciální místnosti – strojovně vzduchotechniky, a také se používají speciální tlumící komponenty.

### 2.2 Jednotlivé komponenty tvořící VZT jednotku



Obr. 1: Schéma VZT jednotky pro kinosál

#### 2.2.1 Klapky

V každé VZT jednotce se vyskytují klapky, které slouží k uzavření jednotky a zamezení průtoku vzduchu v momentě, kdy je vypnutý ventilátor. Při jeho chodu regulují proud vzduchu. Klapky mohou být tvořeny buď jedním, nebo více listy. Samotné listy mohou být ovládány samostatně, nebo jako celek propojeny a ovládány mechanicky, nebo servopohonem. Polohou listů se reguluje průtok vzduchu, popř. se přívod vzduchu může uzavřít úplně.

#### 2.2.2 Filtry

Ve vzduchu jsou obsaženy znečišťující látky, které mohou mít formu plynů, popř. kapalných nebo pevných částic. Úkolem filtru je odlučování těchto znečišťujících částic z vnitřního i vnějšího ovzduší a snížení jejich koncentrace pod limity, které jsou dány hygienickými požadavky. Filtry mohou mít několik stupňů filtrace v závislosti na požadavku kvality vzduchu. Filtry pro odlučování částic se dělí na hrubé G1 až G4, jemné F5 až F9 a na filtry s vysokou účinností HEPA označené H10 až H14 a ULPA označené U15 až U17. Jednotlivé číslice uvádějí číslo filtrace.

Pro běžné větrání se používají filtry třídy G1–F9. Tam, kde je nutné zajistit, aby se mikroorganismy nedostaly do klimatizovaného prostoru, je nutné použít filtr nejméně třídy F7. Další důležitou vlastností je tlaková ztráta filtru, která je v počátečním stavu nejnižší a v provozu narůstá. Z toho důvodu musí být na filtru umístěn spínač tlakové difference, nastavený na správnou hodnotu tlakové ztráty, který upozorní obsluhu na potřebu výměny filtru.

### 2.2.3 Chladič

Hlavním úkolem chladiče je ochlazovat vzduch. Principiálně jsou podobné jako ohřívače. U chladičů je nižší teplotní rozdíl mezi teplotou látkou a vzduchem než u ohřívačů, a proto potřebují větší teplosměnnou plochu než ohřívače. Chladiče jsou buď vodní, nebo přímé výparníky. U přímých výparníků je teplotou látkou chladivo – vzduch. Chladivo, které se vstříkne do proudu vzduchu, procházejícího výparníkem, se odpařuje a přes stěny výměníku odebírá teplo vzduchu (odtud název přímý výparník). Nevýhodou přímého výparníku je riziko namrzání a složitější regulace. Chladicí proces ve vodním chladiči probíhá velice podobným způsobem jako u ohřívače.

Do výměníku vstupuje voda o nízké teplotě (např. 6 °C), výměníkem proudí vzduch, který se přes jeho stěny ochlazuje a předává teplo vodě. Z toho vyplývá, že teplota vody musí být na výstupu výměníku vyšší než na jeho vstupu (např. 12 °C).

Chlazení vzduchu může být buď suché, nebo mokré. Záleží na tom, jestli při tomto procesu dochází ke kondenzaci či nikoli. U suchého chlazení je střední povrchová teplota chladiče vyšší než teplota rosného bodu (teplota vzduchu, kdy začne docházet ke kondenzaci) upraveného vzduchu. U mokrého chlazení je střední teplota chladiče nižší než teplota rosného bodu upravovaného vzduchu a dochází tak ke kondenzaci.

### 2.2.4 Ohřívač

Ohřívače rozlišujeme na vodní, parní, elektrické a chladivové. Nejrozšířenějším typem jsou vodní ohřívače. Jedná se o rekuperační výměník voda-vzduch. Teplotou látkou je voda s teplotním spádem např. 70/50 °C. Při ohřevu vzduchu dochází pouze ke změně entalpie, resp. teploty vzduchu, ovšem za stálé měrné vlhkosti. Pro výkon vodního ohřívače je nejdůležitější teplosměnná plocha a teplotní rozdíl mezi vzduchem a vodou. Regulace vodních ohřívačů může být buď kvalitativní, kdy se nemění průtok vody, ale mění se její teplota, nebo kvantitativní, kdy teplota zůstává konstantní, ale mění se průtok vody. Kvantitativní regulace je méně účinná, protože pro výkon výměníku je rozhodující rozdíl teploty vzduchu a vody. Celou situaci si lze představit tak, že kolem výměníku, do kterého vstupuje voda (např. o teplotě 70 °C), proudí vzduch, který se přes teplosměnnou plochu ohřívače ohřívá, tím dochází k ochlazení vody ve výměníku a výstupní voda z výměníku má nižší teplotu (např. 50 °C).

### 2.2.5 Zpětné získávání tepla

ZZT je zařízení využívající teplo, které je obsažené v odváděném vzduchu z prostoru. Nejčastější typy výměníků ZZT jsou regenerační a rekuperační. Regenerační ZZT obsahuje rotující hmotu, do které se akumuluje teplo z odváděného vzduchu. Jelikož hmota rotuje, tak při jejím otočení do proudu přiváděného vzduchu se předá teplo vzduchu. Teplo je naakumulované ve hmotě. Rekuperační ZZT předává teplo přímo přes stěnu výměníku, kde se kříží odváděný a přiváděný vstupní a výstupní vzduch. ZZT přenášejí buď pouze teplo citelné, nebo teplo citelné i vázané (vodní páru). Výměníky rekuperační přenášejí pouze teplo citelné, zatímco výměníky regenerační i teplo vázané.

### 2.2.6 Směšovací komora

Směšovací komora slouží k plynulému směšování venkovního (čerstvého) a oběhového (z interiéru) vzduchu, které se nacházejí v různých tepelně vlhkostních stavech. Obecně se směšují dva proudy vzduchu a jejich výsledný stav je dán tepelnou a vlhkostní bilancí. Poměr čerstvého a oběhového vzduchu se reguluje uvnitř směšovací komory pomocí klapek, které se ovládají nejčastěji pomocí servopohonu. Poměr čerstvého a oběhového vzduchu je možné nastavit od 100 % čerstvého venkovního vzduchu – tato varianta se doporučuje pro intenzivní provětrání, nebo jako stálé větrání pro letní provoz. Pro případ, že není potřeba větrat, je možno uzavřít přívod venkovního čerstvého vzduchu a vytápět pouze oběhovým vzduchem.

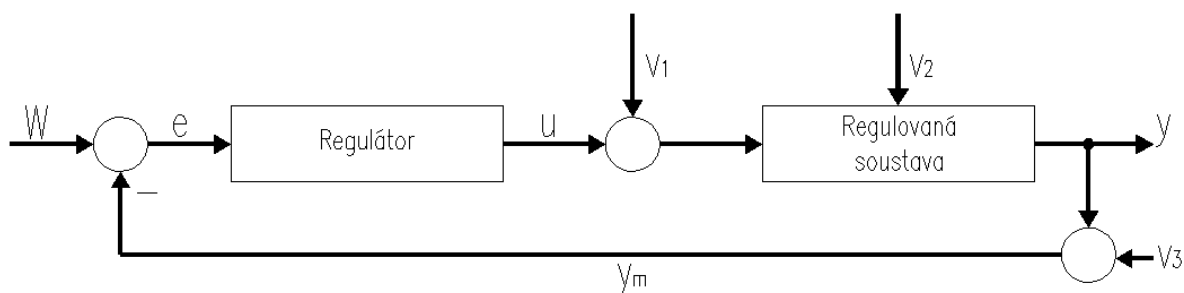
### 2.2.7 Ventilátor

Každá VZT jednotka obsahuje ventilátor. Je to zařízení sloužící k dopravě vzduchu do větraného prostoru. Ventilátor musí zajistit dostatečný tlakový rozdíl pro pokrytí tlakových ztrát VZT jednotky, potrubí i distribuci do prostoru. Hlavními parametry ventilátorů jsou dopravní tlak, příkon a objemové množství vzduchu. Ventilátory lze dělit na radiální, axiální, diagonální a diametrální. Nejčastěji používané ventilátory pro rozsáhlejší úpravy vzduchu jsou ventilátory radiální. Hlavní části radiálního ventilátoru jsou oběžné kolo, sací hrdlo, výtláčné hrdlo, skříň a elektromotor. Oběžné kolo obsahuje lopatkové kanály, jimiž se při otáčení nasává vzduch v axiálním směru. Výtlak vzduchu ovšem probíhá v ose kolmé na osu rotace, tedy v radiálním směru. [3]

## 2.3 Řízení VZT jednotek

Řízení systémů automatizace budov se provádí pomocí programovatelných logických počítačů (PLC), nebo tzv. DDC (Direct Digital Control) systémů, které jsou přizpůsobeny pouze k řízení budov. Tyto regulátory se nejčastěji používají pro řízení systémů, pro něž se vžil anglická zkratka HVAC (Heat, Ventilation and Air Condition – topení, ventilace a klimatizace). Cílem těchto systémů je dosáhnout tepelné pohody v budovách. Naši konkrétní aplikací je řízení vzduchotechnické jednotky dle předem definovaného projektu.

Řídicí systém provádí automatické řízení stavu nebo procesu prostřednictvím číslicové jednotky (regulátoru, počítače, apod.). Samotné vyhodnocení řízení probíhá pomocí softwarové aplikace, která je uložena v paměti regulátoru. V odborné terminologii se tato softwarová aplikace nazývá algoritmus, což je soubor pravidel, které vedou k výstupu z algoritmu. Na Obr. 2 můžeme vidět rozkreslený princip regulace. [2]



Obr. 2: Základní regulační schéma

Aby vůbec bylo možné provádět řízení nějakého stavu, musíme mít vstupní veličinu, kterou měříme a již nazýváme regulovaná veličina ( $y$ ). Samotná měřená vstupní hodnota by nebyla dostačující, je nutné mít další hodnotu, vůči níž budeme regulovanou veličinu porovnávat. Tato hodnota se nazývá žádaná hodnota regulované veličiny ( $w$ ). Jak již z názvu vyplývá, jedná se o námi požadovanou hodnotu. Tyto dvě hodnoty jsou vstupní veličiny do regulační jednotky, kde je následně proveden odečet žádané hodnoty od hodnoty regulované veličiny. Výsledkem tohoto rozdílu je *regulační odchylka* ( $e$ ).

Výstupem regulační jednotky je *akční veličina* ( $u$ ), která vznikne vyhodnocením regulační odchylky. Akční veličina je zároveň vstupní veličina do regulované soustavy, která přímo nebo nepřímo ovlivňuje regulovanou veličinu ( $y$ ). Pomocí *výstupu čidla regulované veličiny* ( $y_m$ ) jsme se opět dostali na začátek celého popisu řízení. Jak je patrné z Obr. 2, je to způsobené *zpětnou vazbou*, která vytvoří *regulační smyčku*. Regulační smyčka provádí opakované vyhodnocení regulační odchylky a způsobuje, aby její hodnota byla v ideálním případě nula, v reálném světě co možná nejmenší. To vše prostřednictvím působení akční veličiny na regulovanou soustavu. Jednotlivé chyby a poruchy jsou popsány jako ( $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ ).  $V_1$  je *porucha na vstupu regulované soustavy*,  $v_2$  – *porucha vstupující do regulované soustavy*,  $v_3$  – *chyba měření*. Hned na úvod je třeba poznamenat, že regulátor je malý počítač, tedy alespoň z hlediska architektury. PLC i DDC regulační jednotka obsahuje stejně jako klasický stolní počítač procesorovou jednotku, paměť a vstupní a výstupní obvody. Regulační jednotka je založena na Von Neumannově architektuře, jejíž koncept publikoval již v roce 1945 stejnojmenný geniální vědec John Von Neumann. Hlavní výhoda této architektury spočívá v tom, že je nezávislá na typu řešené úlohy. Jinými slovy počítač zpracovává data dle programu, který je naprogramován a uložen v paměti společně s daty (na rozdíl od Harvardské architektury, která má samostatnou paměť pro data a program).

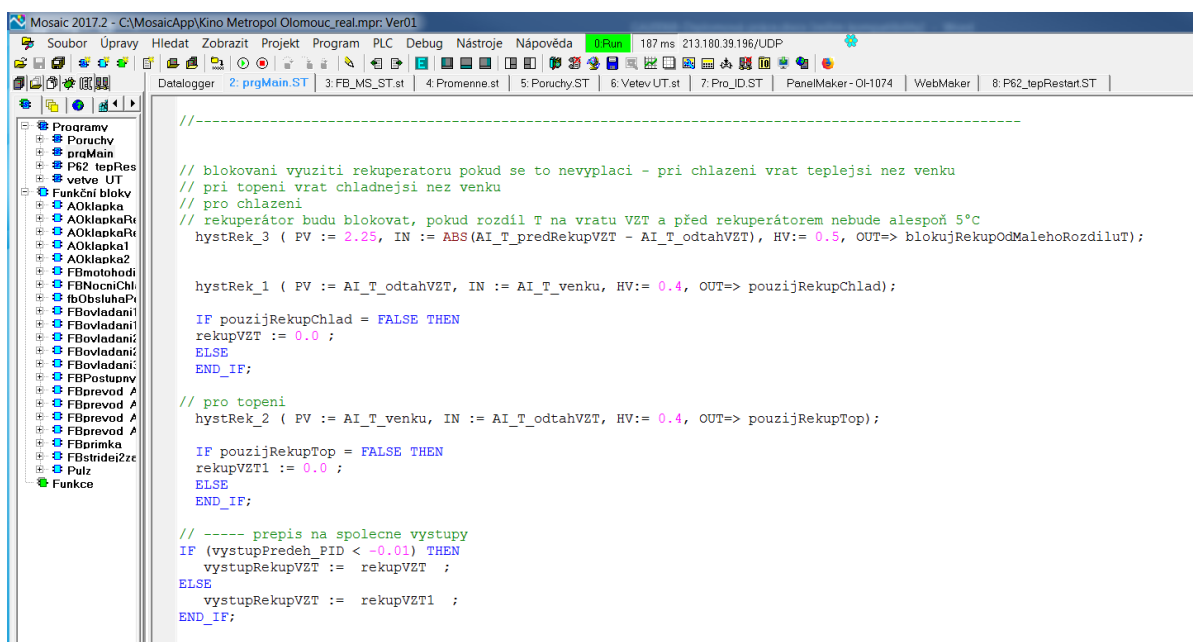
Každý regulátor má různý počet vstupů a výstupů (V/V). Níže máme pro ukázkou typy vstupů a výstupů a jejich možné podoby:

- Analogový vstup - signál z teplotního snímače
- Analogový výstup - signál od regulátoru do pohonu ventilu nebo klapky
- Digitální vstup - signál od motoru ventilátoru indikující, jestli ventilátor běží
- Digitální výstup - signál od regulátoru pro start nebo stop motoru ventilátoru

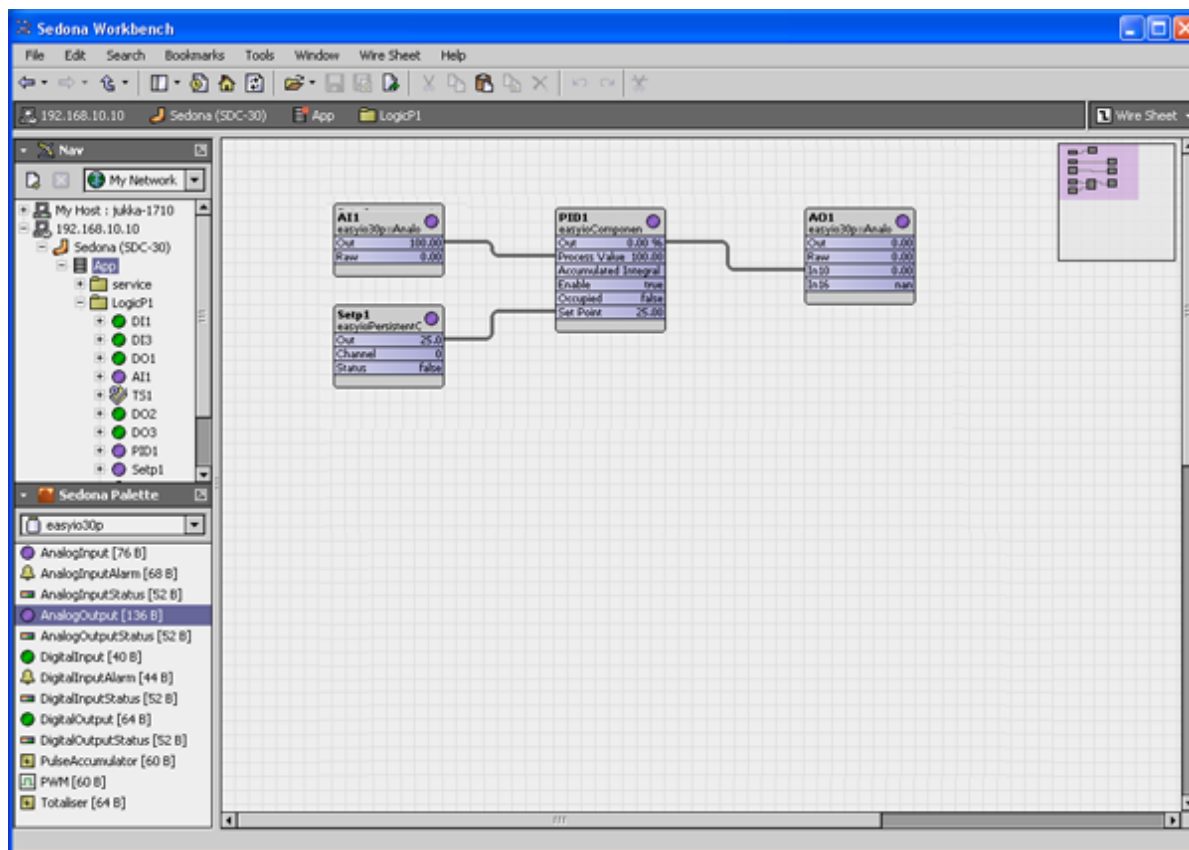
V současné době na trhu existují regulační jednotky, které jdou rozšířit pomocí V/V modulů a také jednotky, které nelze dále rozšiřovat. U složitých a velkých aplikací lze předpokládat, že projekt bude obsahovat stovky až tisíce V/V. Zde využijeme rozšiřitelnost řídicího systému pomocí V/V modulů. Naopak pro menší aplikace (řádově jednotky až desítky V/V) je možné pořídit pouze regulační jednotku s integrovanými V/V, která nejde rozšířit, kde máme vše potřebné obsaženo v jednom zařízení.

Programování regulátorů se dělí na dvě hlavní skupiny, kdy záleží na řídicím systému a znalostech programátora, jaký styl zvolí. Všechny systémy je třeba programovat dle normy IEC61 131.

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Textové jazyky</b>  | - Jazyk strukturovaného textu (ST)<br>- Jazyk seznamu instrukcí (IL)           |
| <b>Grafické jazyky</b> | - Jazyk příčkového diagramu (LD)<br>- Jazyk funkčního blokového schématu (FBD) |



Většina předních světových výrobců umožňuje programování v jazyku funkčního blokového schématu (Obr. 4). U tohoto typu není nutná znalost žádných příkazů, ale jak je patrné z Obr. 4, jedná se propojování funkčních bloků mezi sebou. Funkční blok představuje jednu přesně definovanou funkci. Řekněme, že chceme regulovat vnitřní teplotu v místnosti pomocí PID regulátoru. K vytvoření celé této logiky nám stačí pouze čtyři funkční bloky. Potřebujeme funkční blok reprezentující analogový vstup (AI1), který slouží ke čtení hodnoty regulované veličiny (současné teploty v místnosti) a funkční blok představující žádanou hodnotu regulované veličiny (Setp1). Dále máme funkční blok, který reprezentuje celý PID regulátor (PID1), na jehož vstupy přivedeme AI1 a Setp1. Výstupem z funkčního bloku PID regulátoru je výsledné nastavení třicestného ventilu, který představuje analogový výstup (AO1). Již z tohoto příkladu je jasné, že tento přístup k programování regulačních jednotek je mnohem jednodušší, komfortnější a především méně náchylný k chybám.



Obr. 4: Ukázka programování FBD [2]

Dalším důležitým hlediskem pro rozdělení regulátorů je přítomnost web-serveru. Tímto pojmem se rozumí zařízení, které je odpovědné za vyřizování HTTP požadavků od klientů (nejčastěji webových prohlížečů). Vyřizováním požadavků se rozumí odeslání cíle specifikovaného URL (typicky webová stránka, ale též statický text, obrázek či jiný soubor).

Regulátor s vestavěným webovým serverem umožňuje, aby k němu bylo přistupováno přes webové rozhraní (internet). V současné době, kdy je internet všude kolem nás, je toto téměř základní požadavek. Dalším aspektem, dle kterého lze dělit regulátory, je výčet rozhraní, která regulátor obsahuje. Pokud např. regulátor obsahuje rozhraní pro RS485 lze předpokládat, že umožňuje připojit zařízení přes protokoly Modbus či BACnet/MS-TP. Pokud obsahuje rozhraní RS232, může pak podporovat připojení M-Bus sběrnice nebo obsahuje-li RJ-45 port, pak téměř jistě bude podporovat připojení přes BACnet/IP. Toto je klíčové při koupi regulátorů, protože potřebujeme, aby podporoval protokoly, přes které chceme komunikovat. [2]

### 2.3.1 Řízení klapky

Řízení klapky je realizováno servopohonem, který se nasouvá na trn klapky. Servopohony mohou být napájeny buďto 230 V nebo 24 V. Další skupinou servopohonů jsou servopohony s havarijní funkcí, kde po ztrátě napájení je klapka pružinou zavřena.

Pro klapky, které neregulují proud vzduchu (bez směšovací komory) je řízení řešeno dvoustavově otevřeno/zavřeno.



Klapky, které regulují průtok vzduchu, jsou řízeny pomocí signálu 0-10 V, kde 0 V odpovídá stavu zavřeno a 10 V znamená plné otevření regulační klapky.

### **2.3.2 Snímání zanesení filtrů**

Filtry osazujeme spínači tlakové difference, kde si dle typu filtru zjistíme jeho maximální tlakovou ztrátu. Tuto hodnotu nastavíme na spínači. Ve chvíli, kdy překročí tlaková ztráta danou hodnotu, se nám rozepte kontakt. Ten zpracuje řídicí systém jako méně závažnou poruchu, díky které je obsluha upozorněna na potřebu výměny filtru.

### **2.3.3 Řízení chlazení**

Chlazení pomocí přímého výparníku řídíme pomocí signálu pro tepelné čerpadlo, které vytváří chlad pro přímý výparník. Snímáme teplotu za výparníkem a dle této teploty řídíme výkon tepelného čerpadla pomocí signálu 0-10 V.

V případě vodního chlazení máme opět za chladičem snímač teploty. Podle teploty za chladičem otevíráme ventil chlazení signálem 0-10 V. V případě že je chladicí registr před registrem ohřevu, je nutno jej chránit před zamrznutím kapilárovým termostatem. Pokud teplota za registrem dosáhne teploty 5 °C, sepne se termostat, kdy je tento kontakt vyveden jako závažná porucha a vypíná se VZT jednotka. Zamrznutí registru by mohlo mít za následek jeho prasknutí a poškození celého zařízení, případně vyplavení strojovny vzduchotechniky.

### **2.3.4 Řízení topení**

Ohřev vzduchu funguje na opačném principu jako chlazení v předchozí kapitole. Na zpátečce topné vody registru ohřevu můžeme měřit teplotu, kvůli možnosti zamrznutí danou nedostatečným průtokem vody registrem, případně výpadkem zdroje tepla.

Další z možností ohřevu vzduchu ve VZT jednotce je ohřev elektrický, kde máme různé možnosti řízení. Při jednoduchých aplikacích nám stačí použít dvoupolohovou regulaci – vypnuto/zapnuto. Ve chvíli, kdy se jedná o prostor s nutností dodržení přesných parametrů, používá se regulace dvoupolohová a pulzní šířková modulace – kde pomocí PWM doladíme potřebnou teplotu. Pro elektrické ohřevače velkého výkonu je zvykem spínat jednotlivé sekce ohřevače postupně podle potřeby.

### **2.3.5 Řízení zpětného zisku tepla**

U řízení rotačního rekuperátoru řídíme jeho tepelný výkon pomocí frekvenčního měniče. Signálem 0-10 V řídíme rychlost otáčení rotačního rekuperátoru, kde s klesající rychlostí otáčení klesá také tepelný výkon rekuperátoru. Z důvodu zamrznutí musíme rekuperátor snímat spínačem tlakové difference. Ve chvíli, kdy nám začne růst tlaková ztráta na rekuperátoru, indikuje nám to zamrznutí a my musíme více vzduchu směšovat.

### **2.3.6 Řízení směšování**

Směšování řídíme tak, abychom měli co nejideálnější poměr venkovního a cirkulačního vzduchu z hlediska ekonomiky a hygienických předpisů. Směšování řídíme spojitě signálem 0-10 V pomocí servopohonů s klapkami.

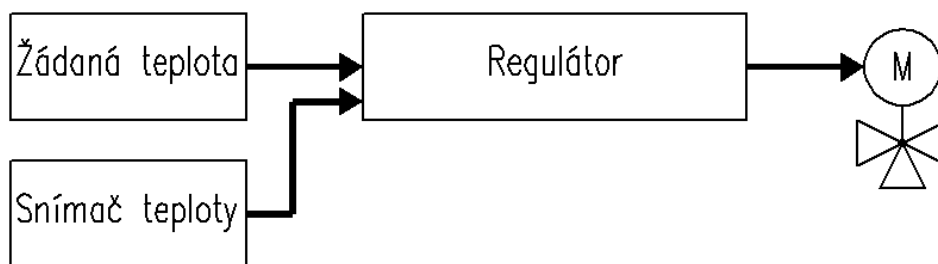
### **2.3.7 Řízení ventilátorů**

Řízení ventilátoru se odvíjí od jeho typu. Motor ventilátoru může být EC motor, pak řídíme signálem 0-10 V rychlost jeho otáčení. U malých VZT jednotek může být požadavek na řízení dvoustavový

(zapnuto/vypnuto). Ve složitějších aplikacích je řešeno řízení ventilátorů pomocí frekvenčních měničů, kde je nutné dát povel na chod, snímat poruchový stav frekvenčního měniče, a zadávání otáček probíhá signálem 0-10 V. Chod motoru je snímán pomocí spínače tlaku z důvodu možného mechanického poškození oběžného kola, které žene vzduch do prostoru.

## 2.4 Příklad regulace teploty v místnosti

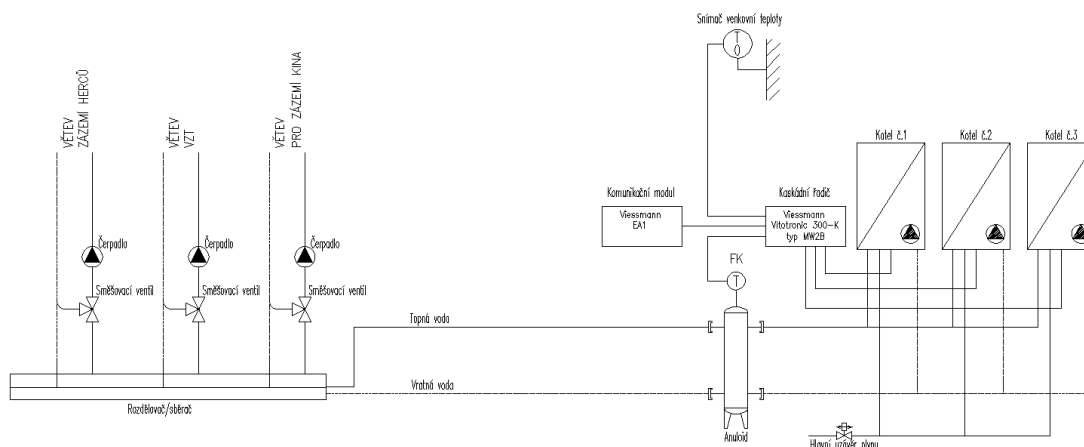
Pro náš případ si aplikujeme toto řízení na konkrétní situaci – regulace teploty v místnosti. Jak je patrné z Obr. 5, regulovanou veličinou je v tomto případě myšlena *teplota v místnosti*, kterou měříme pomocí snímače teploty. Žádanou hodnotu regulované veličiny reprezentuje *žádaná teplota v místnosti*, kterou si nastavuje uživatel pomocí vizualizace. Tyto veličiny jsou vstupními hodnotami do regulační jednotky. Na základě naprogramovaného algoritmu, který v sobě nejčastěji obsahuje PID (proporcionálně-integračně-derivační) regulaci, dochází k výpočtu výsledné akční veličiny, která odpovídá nastavení polohy třicestného směšovacího ventilu u vodního ohřívače vzduchotechnické jednotky. Pokud je požadavek na vytápění nebo nastavení polohy třicestného rozdělovacího ventilu u vodního chladiče, je zapotřebí místnost chladit. Předpokládejme pro náš příklad, že je nutné místnost vytápět. Samotná vzduchotechnická jednotka obsahuje vodní ohřívač (Obr. 1), kterým proudí vzduch a ohřívá se na požadovanou teplotu. Ohřátí vzduchu je založené na principu sdílení tepla mezi vzduchem a vodou, která proudí uvnitř ohřívače. Teplota této vody je regulována pomocí směšovacího ventilu, který je osazen pohonem. Akční veličina tedy odpovídá poloze, do které se má pohon nastavit.



Obr. 5: Příklad principu řízení teploty

Poměr přívodní a cirkulační vody mění teplotu přívodní vody do ohřívače, kde dochází k ohřátí procházejícího vzduchu, který směřuje do regulované soustavy. Čím více se teplota v místnosti blíží žádané hodnotě, tím méně je teplá voda přiváděna do výměníku tepla.

### 3 Kotelna



Obr. 6: Schéma kotelny

Zdrojem tepla pro VZT jednotku je plynová kotelna složená ze tří kondenzačních plynových kotlů. Z hlediska řízení má kotelna svůj kaskádní řadič a komunikační modul pro nadřazený systém. Kotelna dodává teplo do dalších částí budovy – zázemí kina (foyer s kavárnou) a zázemí herců. Jednotlivé části jsou napojeny na směšované větve vytápění.

Každá větev má své čerpadlo a směšovací ventil, kterým je upravována voda dle požadavku na teplotu v daných prostorech.

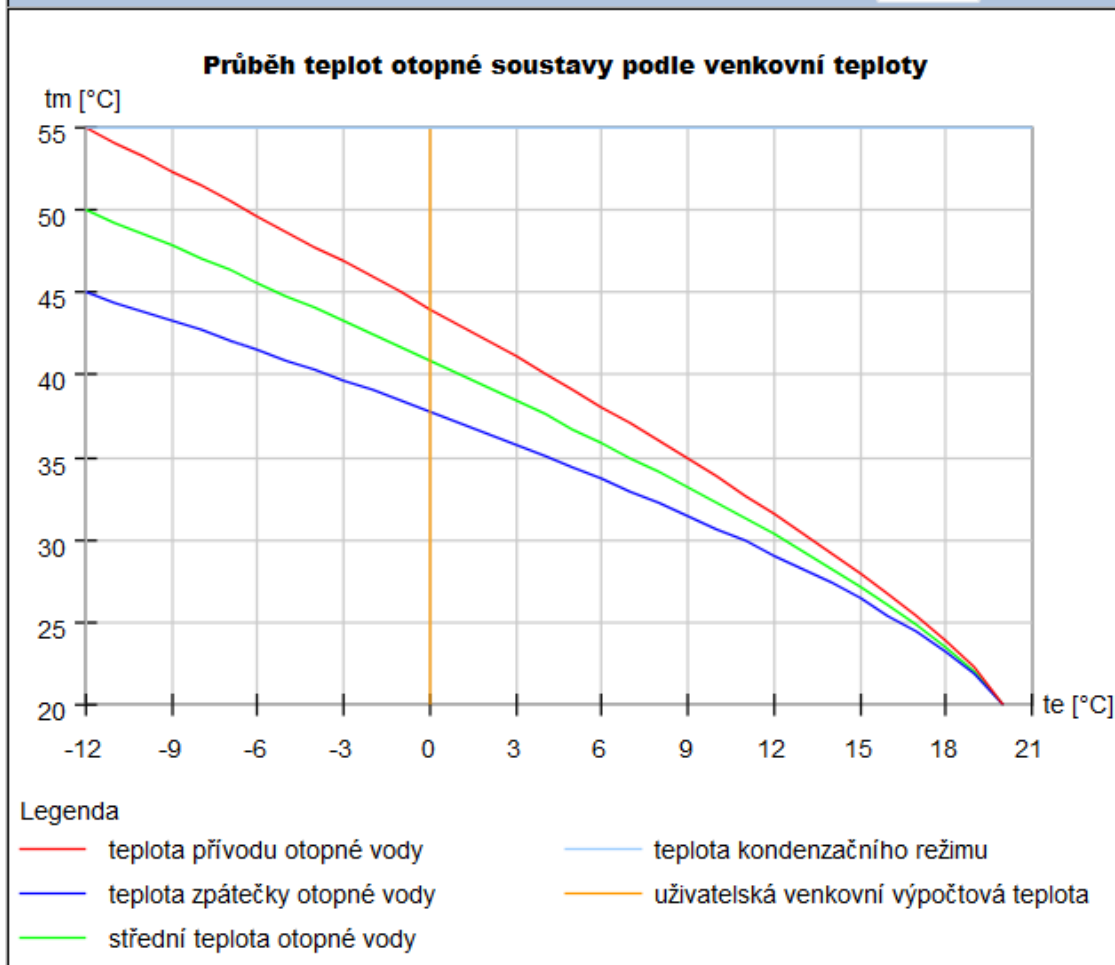
#### Řízení topných okruhů, ekvtermní regulace

Ekvtermní regulace teploty v místnosti spočívá v nastavení teploty topné vody (regulací zdroje tepla) na základě venkovní teploty. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti a teplota místnosti tak zůstala konstantní. Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvtermních křivek (také "topné křivky"), které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Na základě požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty regulovat teplotu topné vody. Do výpočtu vstupuje vnitřní výpočtová teplota, minimální venkovní výpočtová teplota, maximální teplota přívodu otopné vody, maximální teplota zpátečky otopné vody, teplotní exponent soustavy, teplota kondenzačního režimu a uživatelská venkovní výpočtová teplota. [11]



Obr. 7: Směšované větve ÚT

|  |                |     |    |
|--|----------------|-----|----|
| Vnitřní výpočtová teplota              | $t_i =$        | 20  | °C |
| Minimální venkovní výpočtová teplota   | $t_{e,min} =$  | -12 | °C |
| Maximální teplota přívodu otopné vody  | $t_{w1,max} =$ | 55  | °C |
| Maximální teplota zpátečky otopné vody | $t_{w2,max} =$ | 45  | °C |
| Teplotní exponent soustavy             | $n =$          | 1.3 |    |
| Teplota kondenzačního režimu           | $t_k =$        | 55  | °C |
| Uživatelská venkovní výpočtová teplota | $t_{e,user} =$ | 0   | °C |



Obr. 8: Ekvitermní křivky [11]

## 4 Porovnání původní a nové regulace

V prostoru kina došlo v roce 2000 k rekonstrukci, kde nově přibyla VZT jednotka pro vytápění a větrání sálu. Z této doby jsou všechny rozvody a komponenty patřící k VZT jednotce. Řízení této jednotky obstarává DDC regulátor od firmy Honeywell – EXCEL 50, který je umístěn ve dveřích rozvaděče. Z uživatelského pohledu byla regulace vytvořena velmi jednoduše, nezohledňovala ekonomiku provozu a nebylo možné ovládat regulaci vzdáleně. Jediná možnost ovládání byla možná z kabiny promítače, nebo přímo přepínači na rozvaděči.

V roce 2017 došlo k modernizaci kotelny. Zde byla použita regulace od výrobce kotlů Vitotronic 300-K typ MW2B s kaskádním řadičem pro jejich řízení. K zařízení bylo připojeno komunikační zařízení pro nadřazený systém (komunikační modul EA1), nicméně oba celky, jak VZT jednotka, tak kotelna měly oddělené řízení. Rozvaděč pro napájení kotelny obsahoval zároveň poruchovou signalizaci ELSI 8 a GSM terminál, které byly mezi sebou propojeny a zasílaly hlášení o poruchách. Jelikož kotle pracovaly pouze s ekvitermní regulací dle venkovního snímače, nebylo možné řídit jejich výkon ani teplotu v jednotlivých částech budovy kina.

Zadání pro nový projekt řízení VZT jednotky pro sál mělo za cíl sloučit řízení kotelny a VZT jednotky pod jeden celek, který bude možno ovládat z kteréhokoliv zařízení i mimo kinosál. Dalším bodem bylo upravit řízení kotelny tak, aby bylo možno regulovat teplotu pro foyer s kavárnou a zázemí herců, pro které jsou vyvedeny jednotlivé větve ústředního topení.

Jelikož se jedná o kinosál, kde je proměnná návštěvnost, došlo k rozhodnutí měřit na odtahovém vzduchu z prostoru hodnotu koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu, podle které se bude řídit směšovací poměr a zároveň díky nově osazeným frekvenčním měničům také otáčky ventilátorů. Tato úprava by měla pomoci snížit náklady na vytápění prostoru.

Celý projekt počítá i s budoucím rozšířením vzduchotechnické jednotky o chlazení pomocí kondenzačních jednotek, kde ve vzduchotechnické jednotce přibude přímý výparník.

Díky těmto skutečnostem bylo nutné nahradit stávající rozvaděč rozvaděčem novým, který bude na tyto skutečnosti prostorově připraven.

### 4.1 Porovnání řídicích systémů

**Původní:** Honeywell EXCEL 50 původně sloužil pro řízení VZT jednotky pro kinosál. Nutno podotknout, že se již nevyrábí, ale pro představu si jeho vlastností ve zkratce představíme. Jedná se o DDC regulátor s vestavěnými komunikačními rozhraními z důvodu integrace do systému Honeywell EXCEL 5000. Typickou oblastí použití tohoto regulátoru zahrnují otopné systémy a vzduchotechnické jednotky pro menší budovy.

Tento regulátor bylo možné pořídit jako konfigurovatelný regulátor, kde ke konfiguraci sloužil speciální software COACH a bylo možno vybírat z velkého množství standardních aplikací pro vytápění, chlazení a ventilaci.

Druhou možností bylo využít volně programovatelného regulátoru s aplikačním modulem. Pro tento případ programování sloužil program CARE.

EXCEL 50 disponuje 8 analogovými vstupy, 4 analogovými výstupy, 4 digitálními vstupy (tři z nich mohou být použity jako čítače) a 6 digitálními výstupy. Digitální výstupy mohou sloužit pro přímé řízení 3 - polohových pohonů.

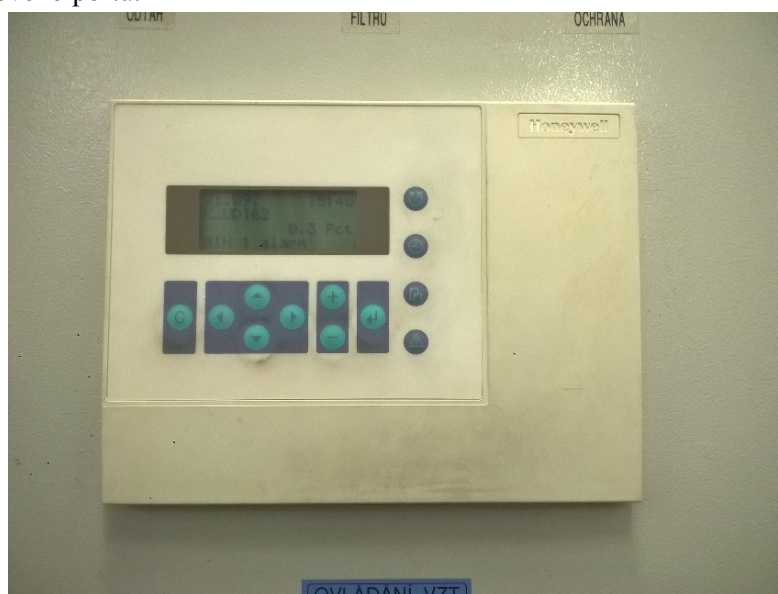
Tab. 1: Vstupy/výstupy regulátoru EXCEL 50 [10]

### Vstupy/výstupy

| Typ                           | Charakteristika   |
|-------------------------------|---|
| 8 analog. vstupů (univerzál)  | Napěťový: 0 až 10 V (softwarem ovládaný přepínač pro vysokou impedanci)<br>Proudový: 0 až 20 mA (přes externí rezistor 499-ohm)<br>Rozlišení: 10-bitů<br>Čidlo: NTC 20k ohm, -50°C až 150°C |
| 4 digit. vstupy               | Napětí: max. 24 V ss ( $\leq 2,5$ V = logická '0', $\geq 5$ V = logická '1'), 0...0,4 Hz (0...15 Hz pro 3 ze 4 vstupů při použití jako čítače, 4. vstup je pouze statický)                  |
| 4 analog. výstupy (univerzál) | Napětí: 0 až 10 V, max. 11 V, $\pm 1$ mA<br>Rozlišení: 8-bit<br>Relé: přes MCE3 nebo MCD3   |
| 6 digit. výstupů              | Napětí: triak 24 Vstř.<br>Proud: max. 0,8 A, 2,4A pro všech 6 triaků dohromady  |

Všechny vstupy a výstupy chráněny proti přepětí do 24 Vstř. a 35 Vss. Digitální vstupy chráněny proti zkratu pomocí vyměnitelných pojistek (pojistky, 5 x 20 mm, 4 A).

Tento regulátor může komunikovat pomocí několika komunikačních protokolů: C-Bus, LonWorks Bus, pomocí sériového portu.



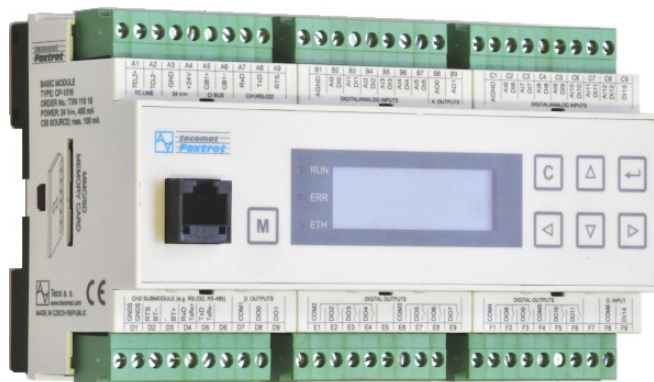
Obr. 9: Regulátor EXCEL 50

**Nová:** Z důvodu rozšíření řízení VZT jednotky a integraci s řízením kotelny bylo třeba vybrat modulární řídicí systém s možností jednoduché vizualizace pomocí web-serveru. Tyto podmínky ideálně splňovalo PLC Tecomat Foxtrot CP-1016. Základní modul byl dle zapojení rozvaděče rozšířen o potřebný počet vstupů a výstupů pomocí rozšiřovacích modulů, které jsou popsány níže.

CP – 1016 má ve výbavě tyto vstupy a výstupy:

- 13 víceúčelových vstupů, které se využívají buďto jako analogové, nebo binární
- 1 binární rychlý vstup využitelný jako vstup čítače
- 1 binární vstup pro napětí 230 V AC
- 2 polovodičové výstupy využitelné jako výstupy PWM
- 2 analogové výstupy 0-10 V
- 10 reléových výstupů

Součástí tohoto modulu je LCD displej se 4x20 znaky. Dále obsahuje zálohovanou paměť CMOS RAM pro uživatelské programy, data, tabulky, uživatelské registry. Součástí je paměť Flash pro zálohování uživatelského programu, slot pro MMC/SD paměťovou kartu, obvod reálného času, rozhraní Ethernet, dva sériové kanály (RS232 a druhý pro submoduly), jeden komunikační kanál pro CIB pro připojení externích periférií a systémové rozhraní TCL2 určené pro připojení rozšiřovacích modulů, díky kterým je možno zvětšit počet vstupů a výstupů celého systému. Tento modul byl rozšířen o submoduly IB-1301, IR-1501 a C-IT-0504S.



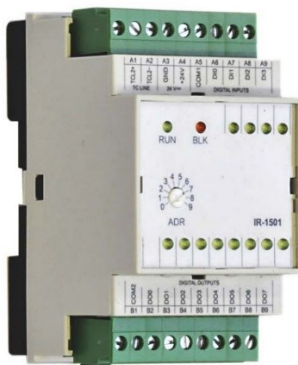
Obr. 10: Tecomat Foxtrot CP-1016 [5]

Modul IB-1301 je určený pro snímání až 12 binárních signálů 24 V DC se společnou svorkou (dle zapojení). Vstupy jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů. Skupiny vstupů jsou odděleny mezi sebou. Stav každého vstupu indikuje LED dioda na čelním panelu.



Obr. 11: Modul IB-1301 [5]

Modul IR-1501 umožňuje snímání až 4 binárních signálů 24 V DC se společnou svorkou (dle zapojení). Zároveň obsahuje 8 reléových výstupů se spínacím kontaktem a společnou svorkou. Tyto výstupy mohou spínat maximálně 230 V AC, 3 A. Vstupy jako v předchozím případě jsou galvanicky oddělené. Indikace stavu je realizována pomocí LED diod.



*Obr. 12: Modul IR-1501 [5]*

Modul C-IT-0504S nabízí možnost připojení analogových nebo binárních signálů a analogových výstupů 0-10 V přímo na sběrnici CIB. Univerzální vstupy lze nastavit na binární nebo analogové programy ve dvou skupinách, kde první obsahuje 4 vstupy a druhá 1 vstup. Tento modul umožňuje připojení snímačů PT1000, Ni1000, NTC12k, KTY81-121.



*Obr. 13: Modul C-IT-0504S [5]*

Programování PLC značky Teco probíhá ve vlastním vývojovém prostředí, které se nazývá Mosaic.



## 4.2 Porovnání regulace

**Původní regulace** VZT jednotky se dělí na 4 části:

### a) Pohotovostní režim

Zařízení je v klidu. Všechny ochranné funkce jsou v provozu, klapky jsou přepnuty na 100 % cirkulačního vzduchu.

### b) Režim temperování

Při poklesu teploty v prostoru kina pod 10 °C se přepne jednotka do režimu vytápění, při vzestupu nad 15 °C se opět vrací do pohotovostního režimu.

### c) Režim vytápění

Dle nastaveného programu cca 1 hodinu před promítáním je zařízení uvedeno do chodu, klapky se přestaví na 10 % vzduchu čerstvého a 90 % cirkulačního. Vzduch je ohříván pro zajištění vytápění na teplotu prostoru 20 °C ± 2 °C s omezením maximální teploty přívodu vzduchu na 35 °C.

### d) Režim větrání

Dle nastaveného programu cca 15 minut před promítáním je zařízení přepnuto pro větrání, klapky se přenastaví na 100 % venkovního vzduchu, poté dochází k ohřevu vzduchu dle potřeby pro zajištění teploty prostoru 22 °C ± 2 °C. Maximální teplota přívodu vzduchu do sálu je omezena na 30 °C a minimální na 19 °C.

Po ukončení režimu větrání se systém vrací zpět do pohotovostního režimu.

V letním období je provoz omezen na režimy 1 a 4.

**Nový stav** jednotky zajistí co nejúspornější provoz, při zachování komfortu pro diváky. Režim vytápění začne 30 minut před nastaveným časem v časovém programu jednotky. Prostor se dotápí a provětrává zároveň. Poté už regulace běží nově dle snímače CO<sub>2</sub> a teploty v prostoru, kde je možné vybrat snímač teploty v dolní části nebo horní části, případně na průměr teplot z obou snímačů. V případě malé obsazenosti kina se bude vstupní klapka nastavovat dle snímače CO<sub>2</sub> a jednotka případně zmenší otáčky motorů na nejnižší možnou úroveň pro zachování hygienických předpisů a tepelné pohody.

Pro letní období přibyla nová funkce večerního dochlazení prostoru, regulátor porovná venkovní a vnitřní teplotu a ve chvíli kdy bude rozdíl těchto teplot větší, než nastavený parametr spustí se jednotka. Venkovní vzduch bude nasáván, směšovací klapka bude uzavřena. Jednotka poběží do té doby, než se srovnají obě teploty, pak se přepne do pohotovostního režimu.

Dle potřebné teploty topné vody bude řídicí systém signálem zadávat kaskádnímu řadiči kotlů požadovanou teplotu pro ohřívací registr a další topné větve. Z vizualizace bude možné nastavit časový program i pro vytápění prostoru kina s možností zadávání požadované teploty pro prostor herců i pro foyer s kavárnou.

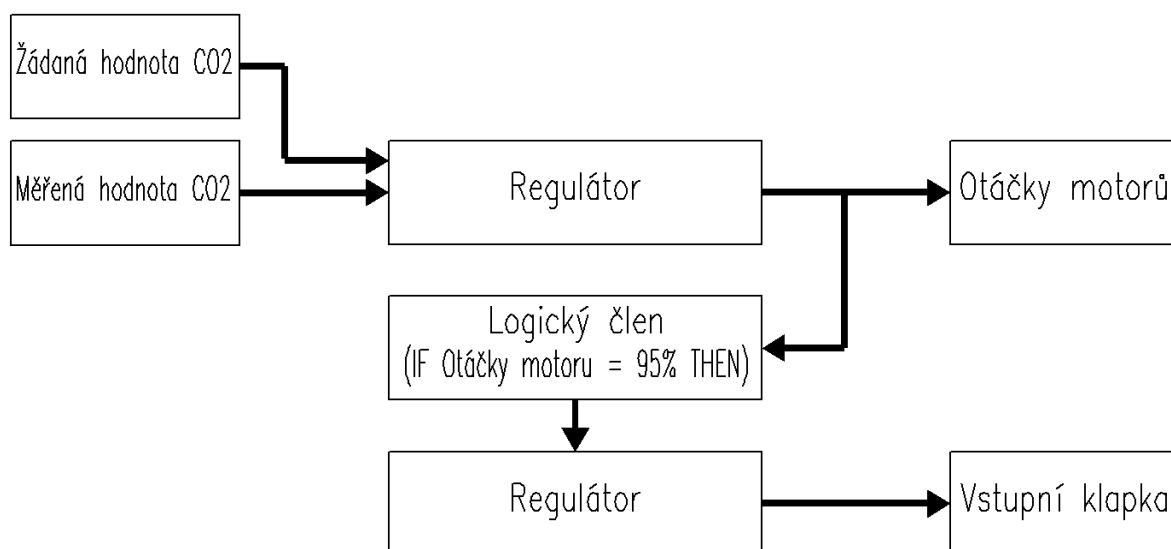
Nově bude VTZ jednotka vypínána od signálu EPS.

#### 4.3 Popis jednotlivých řídicích okruhů s principiálními regulačními schématy

- **Ventilátory**

**Původní:** Spouštění a vypínání vstupního i výstupního ventilátoru v závislosti na dálkovém ovládní z prostoru promítací kabiny. VZT se mohla provozovat i v ručním režimu pomocí přepínačů umístěných na dveřích rozvaděče, nebo pomocí přepínačů umístěných v promítací kabině. Nutností je trvalý dohled obsluhy. Ventilátory byly spouštěny stykačovou kombinací hvězda-trojúhelník, tudíž nebylo možné řídit otáčky.

**Nové:** Řízení je možno dle  $\text{CO}_2$  nebo s konstantními otáčkami. Řízení je možno volit z vizualizace nebo místně na displeji PLC. Motory nově řídí frekvenční měniče, kdy při malé obsazenosti sálu je možno snížit otáčky na minimum (35 Hz). Pokud se regulují otáčky dle snímače  $\text{CO}_2$ , pak nejprve motory zvyšují otáčky až na 95 %, pak se začne měnit směšovací poměr vzduchu pomocí klapek.



Obr. 14: Principiální schéma regulace rychlosti otáček motorů a směšování dle  $\text{CO}_2$

- **Směšování**

**Původní:** Vzhledem k osazení zařízením pro zpětný zisk tepla se nepředpokládá nutnost omezení poměru čerstvého vzduchu v zimním období. Systém automatické regulace však umožňuje změnu poměru čerstvého a cirkulačního vzduchu v případě extrémních mrazů a nedostatku tepelné energie, případně poruchy na zdroji tepla. Systém umožňuje korekci směšovacího poměru ze strany obsluhy například při trvale nízké návštěvnosti, kdy trvalý chod na 100 % čerstvého vzduchu v zimním období by byl nevhodný. Ovladač pro změnu směšovacího poměru byl instalován v promítací kabině, kde byla možnost výběru 10 %, 50 %, 90 % směšovaného vzduchu.

**Nové:** Směšovací poměr se mění dle snímače  $\text{CO}_2$ , pokud nám nestačí plný výkon ventilátorů, začne se měnit poměr čerstvého a směšovaného vzduchu. Otevírá se klapka čerstvého a vyfukovaného vzduchu a inverzně k ní se zavírá směšovací klapka. To pokračuje do plného otevření vstupní klapky.

- **Rekuperátor**

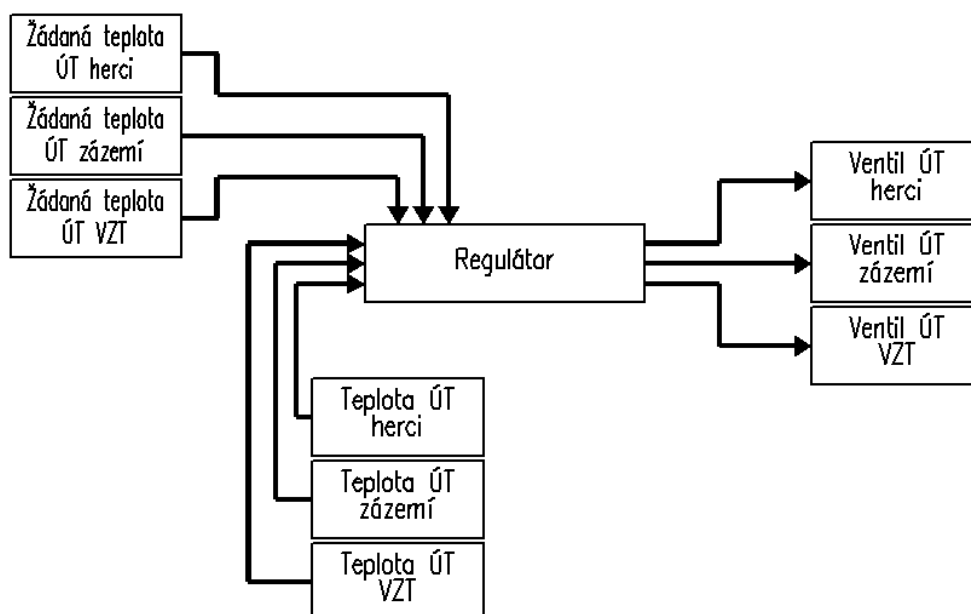
**Původní:** Pro zpětné získání tepla z odpadního vzduchu je VZT jednotka osazena rotačním rekuperátorem s plynulou regulací otáček. Automat zajišťuje jak regulaci proti mrazu v zimním období, tak i omezení výkonu rekuperace v období léta.

**Nové:** Zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu je omezeno pouze za stavu, kdy se energeticky vyplácí. Tento stav je nastaven tak, že rozdíl teplot před rekuperátorem, jak ze strany přívodu i odvodu vzduchu musí být větší než 5 °C. Pokud je tato podmínka zajištěna, je možno využívat odpadní teplo, ale i chlad z kinosálu.

- **Ohřev a chlazení vzduchu**

**Původní:** Ohřev vzduchu je zajištěn pomocí teplovodního ohřívače. Regulaci topného výkonu zajistí trojcestná směšovací armatura s oběhovým čerpadlem. Teplota přívodního vzduchu do prostoru je závislá na teplotě v prostoru sálu a provozním režimu. Omezení horní hranice teploty je závislá na provozním režimu. Dolní hranice byla omezena na 19 °C.

**Nové:** Požadovaná teplota pro ohřívač VZT jednotky je dána dle nastavené ekvitermní regulace. Nově se bude 30 minut před představením dohřívat a provětrávat kinosál na požadovanou teplotu. Dle zadaného časového programu poté běží regulace dle prostorové teploty a CO<sub>2</sub>.



Obr. 15: Principiální schéma regulace teploty prostoru

- **Řízení kotelny**

**Původní** řízení kotelny se skládalo z venkovního snímače teploty, dle kterého se vypočítávala ekvitermní regulace. Kotle topily i při vypnuté VZT jednotce, v případě malého odběru tepla kotle vyhlašovaly poruchu. Obdobně byly řízeny jednotlivé směšované větve ústředního topení.

Poruchové stavy byly snímány poruchovou signalizací, ta odstavovala technologii v případě vážné poruchy.

**Nový** systém snímá poruchu kotlů a zadává výstupní teplotu kotlů pomocí signálu 0-10 V, který posílá do modulu EA1. Ten slouží jako komunikační modul pro nadřazený systém. Jednotlivé větve topení jsou řízeny tak, aby byla dodržena požadovaná teplota v prostoru.

Havarijní prvky kotelny byly navedeny do nového řídicího systému. Jedná se o únik plynu v kotelně, maximální a minimální tlak vody v okruhu, havarijní teplota v kotelně a v topném okruhu, tlačítko central stop v kotelně. Tyto poruchy zajistí uzavření membránového bezpečnostního uzávěru BAP a odstavení kotlů.

Nově jsou spojeny s GSM terminálem pro zasílání poruchových hlášení.

- **Havarijní a signalizační zabezpečení VZT**

**Beze změny:** Při výskytu některé z následující dominantní poruchy provede regulátor vypnutí ventilátorů, zavře klapky, otevře naplno trojcestný ventil a spustí čerpadlo výměníku VZT jednotky. Mezi tyto dominantní poruchy patří:

- Protimrazová ochrana (teplota za výměníkem < 5 °C)
- Nízká teplota vratné vody ohříváče (6 °C)

Porucha ventilátoru zapříčiní pouze uzavření přívodní a výstupní klapky a vypnutí VZT jednotky.

Výskyt dominantní poruchy havarijní systém regulátoru nahlásí optickou signalizací (červená signálka) umístěnou na dveřích rozvaděče a kontrolkou na dálkovém ovládání v promítací kabině. Po odstranění této poruchy se VZT jednotka opět samovolně nespustí, ale je nutné, aby obsluha stiskla tlačítko Kvitace poruchy umístěné na dveřích rozvaděče.

Kromě výše uvedených poruchových stavů signalizuje systém vznik méně závažných poruch, kdy je nutná kontrola obsluhy:

- Zanesení filtrů
- Porucha cirkulačního čerpadla

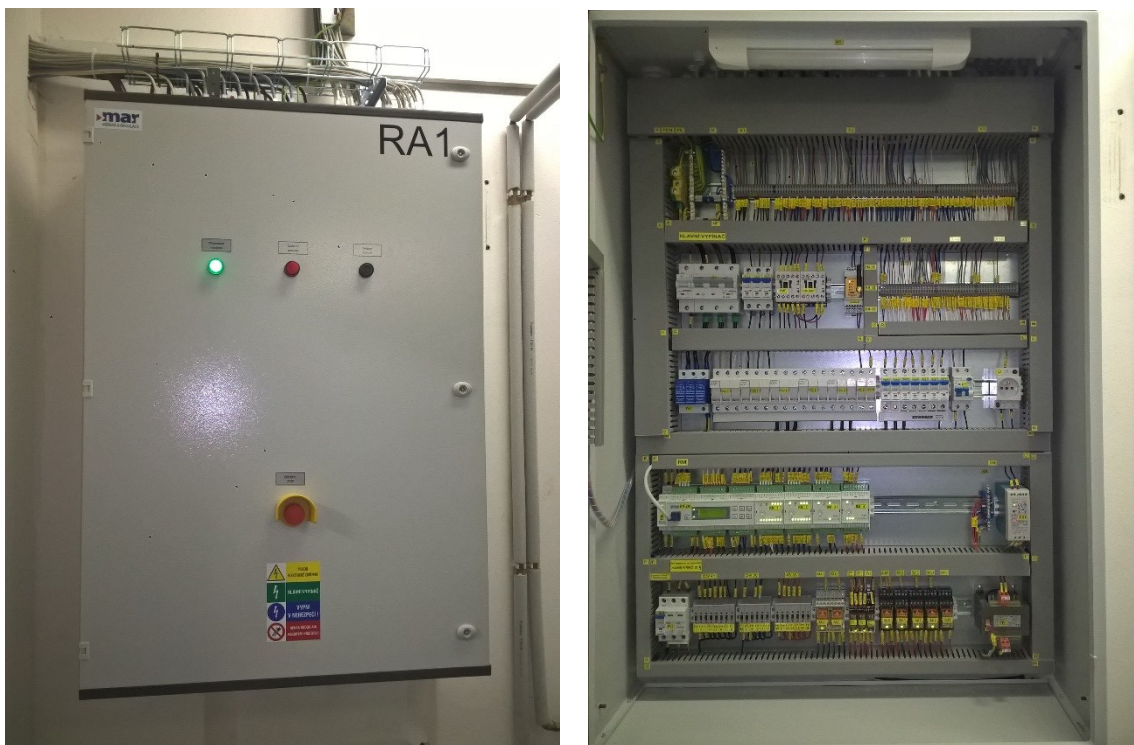
**Nové:** Přibýlo hlášení poruch pomocí GSM terminálu. Terminál hlásí tři druhy SMS – závažnou poruchu, méně závažnou poruchu a výpadek napájení rozvaděče. Tyto SMS jsou zasílány na tři telefonní čísla.

Poruchu může obsluha nově kvitovat pomocí webového rozhraní. To se však doporučuje pouze u méně závažných poruch.

## 5 Realizace díla

Pro samotnou realizaci bylo nutné použít původní dokumentaci rozvaděče, pořídit fotodokumentaci všech prvků (snímače, servopohony, čerpadla, frekvenční měniče). Poté bylo nutné zjistit potřeby uživatele na obsluhu a ovládání kotelny a VZT jednotky. Po sesbírání všech důležitých podkladů jsem nakreslil technologické schéma, podle kterého jsem poté navrhl rozvaděč spojující veškerou technologii v jeden celek. Veškerá dokumentace je součástí příloh diplomové práce.

Následovala tvorba softwaru pomocí programovacího jazyka strukturovaného textu v prostředí Mosaic. Vývojové prostředí umožňuje tvorbu displeje samotného PLC a také web-serveru.



Obr. 16: Nový rozvaděč

Realizace probíhala za plného provozu prostoru kinosálu, proto bylo nutné nejprve udělat veškerou přípravu, která zahrnovala natažení nové kabeláže k novým prvkům na VZT jednotce a také z kotelny do strojovny vzduchotechniky, kde je umístěn rozvaděč. Poté došlo k instalaci frekvenčních měničů, snímače CO<sub>2</sub> a některých nových teplotních snímačů. Prvky, které bylo nutné vyměnit, bylo možné odpojit až při odpojení původního rozvaděče. V druhé části realizace bylo nutné odstavit VZT jednotku a demontovat původní rozvaděč. Nový rozvaděč byl namontován na místo původního, z důvodu zachování kabelu přívodu a ostatní kabeláže, kterou nebylo nutné měnit. Poté došlo k výměně všech snímačů teploty a implementaci a zapojení nových prvků.

Druhou částí realizace bylo přepojení kotelny, kde bylo nutné přizvat firmu, která zajišťuje servis kotlů, pro změnu nastavení kaskádního řadiče Vitotronic 300K. Komunikaci zajišťuje modul EA1, který umožňuje připojit nadřazenou regulaci k řízení kaskádního řadiče.

**Při montáži je nutné dodržovat předepsané normy a předpisy:**

ČSN 33 2000-4-41 ed.2 ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ;

Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 33 2000-4-42 ed.2 ELEKTROTECHNICKÉ PŘEDPISY; ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ

Část 4: Bezpečnost. Kapitola 42: Ochrana před účinky tepla

ČSN 33 2000-4-43 ed.2 ELEKTRICKÉ INSTALACE BUDOV;

Část 4: Bezpečnost. Kapitola 43: Ochrana proti nadproudům

ČSN 33 2000-5-51 ed.3 ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ;

Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy

ČSN 33 2000-5-52 ed.2 ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ;

Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení

ČSN 33 2000-5-54 ed.2 ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ;

Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojení

ČSN 33 0165 ELEKTROTECHNICKÉ PŘEDPISY; Značení vodičů barvami

nebo číslicemi. Prováděcí ustanovení.

ČSN 33 2130 ed.3 ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ; Vnitřní elektrické rozvody

ČSN EN 61439-1 ed.2 ROZVÁDĚČE NÍZKÉHO NAPĚTÍ; Část 1: Všeobecná ustanovení

ČSN EN 62305-4 ed.2 Ochrana před bleskem - Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách

### 5.1 Použitá instrumentace

Detektory hořlavých plynů DHP 4 a DHP 4S slouží k zabezpečení kotelny proti úniku těchto plynů. V případě poplachu prvního stupně se rozsvítí signálka poruchy, při poplachu 2. stupně se vypne kotelná a přívod plynu.



Obr. 17: Detektory hořlavých plynů [9]

Pro kontrolu tlaku v systému ÚT slouží presostaty Danfoss KP1.



*Obr. 18: Presostaty pro nízký a vysoký tlak v ÚT*

Původní snímače teploty byly využity termistorové NTC 20 k $\Omega$ . Z důvodu nekompatibility s novým řídicím systémem bylo nutné tyto snímače vyměnit za Ni1000 od firmy Thermokon v provedení příložné, prostorové vnitřní, prostorové venkovní a stonkové.



*Obr. 19: AGS54+snímač teploty venkovní (vlevo), VFG54+příložný snímač teploty (vpravo) [7]*



*Obr. 20: AKF10+snímač teploty stonkový (vlevo), WRF04 snímač teploty interiérový (vpravo) [7]*

Kapilárový termostat je od firmy FEMA – FT015, který zůstal zachován. Je nastaven na rozeznutí kontaktu při 5°C.



*Obr. 21: Kapilárový termostat*

Spínače tlakové difference jsou použity s tlakovým rozsahem 200 – 1000 Pa, typ použitých spínačů je DPS 1000 od firmy Honeywell. Spínače jsou nastaveny dle tabulkových hodnot tlakových ztrát filtrů a rotačního rekuperátoru. Spínače umístěné na motorech nám signalizují chod motoru. Zde by se mohlo stát, že by se motor točil, ale klínové řemeny by byly poškozeny, tudíž by se nemusel točit samotný ventilátor. Spínače tlakové difference jsou se spínacím kontaktem. Nastavená tlaková ztráta je rovna tlakové ztrátě při minimálních otáčkách motoru. Pokud se kontakt sepne po určitém čase, je vše v pořádku, v opačném případě se VZT jednotka zastaví a PLC vyhlásí poruchu daného motoru.



*Obr. 22: Spínač tlakové difference*



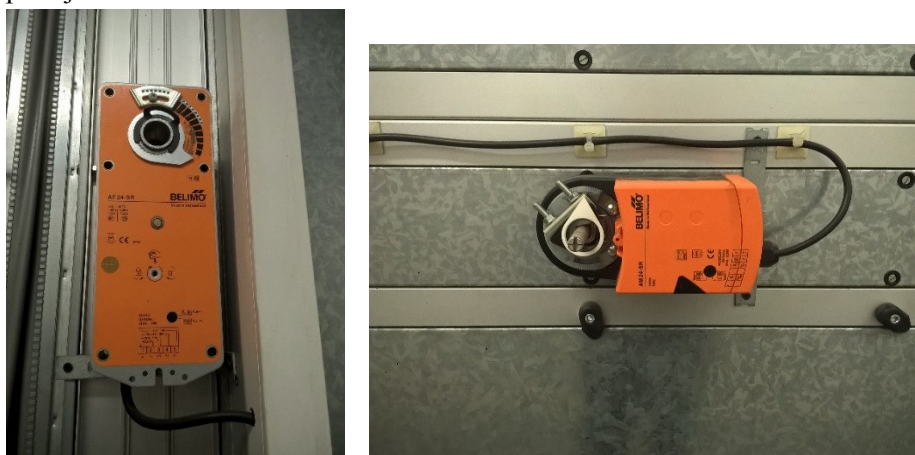
Snímač CO<sub>2</sub> je nainstalován v odvodním vzduchotechnickém potrubí jeho montáž je nutno provést tak, aby se zajistilo proudění vzduchu skrz měřicí sondu snímače. Snímač obsahuje displej zobrazující aktuální hodnotu CO<sub>2</sub>.



*Obr. 23: Snímač CO<sub>2</sub> [8]*

Servopohony ke klapkám jsou od firmy Belimo s ovládacím signálem 0-10 V, jedná se o typy AF 24-SR a AM 24-SR na VZT jednotce. AF 24-SR je s havarijní funkcí – tyto servopohony se nacházejí na vstupním a výstupním potrubí. V případě výpadku napájení se automaticky pomocí pružiny uzavřou. Tato funkce zamezí promrznutí topného registru VZT jednotky. AM 24-SR slouží k ovládání směšování.

Ventily topení jsou ovládány pomocí servopohonu HT24-SR-T (Belimo), který je řízen spojitě signálem 0-10 V a SR10 od dodavatele PAW – tyto pohony jsou ovládány pomocí digitálních výstupů přidej/uber.



*Obr. 24: Servopohon AF 24-SR (vlevo), Servopohon AM 24-SR (vpravo)*

Rotační rekuperátor je ovládán pomocí frekvenčního měniče Frecon FIA-L. Tento frekvenční měnič je pro velmi malé výkony, proto také má pouze jednofázový vstup a třífázový výstup. Jelikož byl původní, bylo nutné udělat úpravy v nastavení a poloze frekvenčního měniče. Nově byl od měniče k motoru použit stíněný kabel.



*Obr. 25: Frekvenční měnič k rotačnímu rekuperátoru*

Motory jsou řízeny pomocí frekvenčních měničů Invertek, jedná se o typ ODE-3-340140-3F4X, Optidrive E3; 5,5kW; 14A a ODE-3-240095-3F4X Optidrive E3; 4kW; 9,5A.



*Obr. 26: Frekvenční měnič Invertek*

## 5.2 Parametrování frekvenčních měničů

### 6. Parametry

#### 6.1. Základní sada parametrů

| Par. | Název   | Minimum  | Maximum   | Továrně           | Jednotka      |
|------|---|--|---|-------------------|---------------|
| P-01 | Maximální frekvence   | P-02   | 500.0   | 50.0              | Hz / ot./min. |
|      | Maximální rychlost v Hz nebo ot./min. (podle P-10)  |  |   |                   |               |
| P-02 | Minimální frekvence   | 0.0  | P-01  | 0.0               | Hz / ot./min. |
|      | Minimální rychlost v Hz nebo ot./min. (podle P-10)  |  |   |                   |               |
| P-03 | Rozjezdová rampa  | 0.00   | 600.0   | 5.0               | s             |
|      | Čas zrychlení z 0Hz na jmenovitou frekvenci motoru (podle P-09)   |  |   |                   |               |
| P-04 | Zpomalovací rampa   | 0.00   | 600.0   | 5.0               | s             |
|      | Čas zpomalení z jmenovité frekvence motoru (podle P-09) na 0Hz. Při nastavení 0.00 je uplatněna hodnota v P-24.   |  |   |                   |               |
| P-05 | Způsob zastavení/ zastavení při výpadku napájení  | 0  | 3   | 0                 | -             |
|      | Vyberte způsob zastavení a zastavení při výpadku napájení měniče.   |  |   |                   |               |
|      | Nastavení   | Způsob zastavení                                 | Způsob zastavení při výpadku napájení             |                   |               |
|      | 0   | Zastavení po rampě (P-04)                        | Zastavení při využití běhu motoru jako generátoru |                   |               |
|      | 1   | Volný doběh                                      | Volný doběh                                       |                   |               |
|      | 2   | Zastavení po rampě (P-04)                        | Rychlý stop podle (P-24), volný doběh P-24 = 0    |                   |               |
|      | 3   | Zastavení po rampě (P-04), brzdění protiproudem. | Rychlý stop podle (P-24), volný doběh P-24 = 0    |                   |               |
|      |   |  |   |                   |               |
| P-06 | Spořič energie  | 0  | 1   | 0                 | -             |
|      | 0 : Vypnuto<br>1 : Zapnuto. Měnič snižuje výstupní napětí se zachováním konstantní rychlosti.   |  |   |                   |               |
| P-07 | Jmenovité napětí motoru   | 0  | 250 / 500   | 230 / 400         | V             |
|      | Štítková hodnota jmenovitého napětí motoru  |  |   |                   |               |
| P-08 | Jmenovitý proud motoru  | Dle výkonu motoru                                |   |                   | A             |
|      | Jmenovitý proud podle štítku motoru   |  |   |                   |               |
| P-09 | Jmenovitá frekvence motoru  | 25   | 500   | 50 (60)           | Hz            |
|      | Jmenovitá frekvence podle štítku motoru.  |  |   |                   |               |
| P-10 | Jmenovitá rychlost motoru   | 0  | 30000   | 0                 | ot./min.      |
|      | Pokud je parametr nastaven do 0, pak jsou všechny hodnoty souvisejících parametrů zobrazeny v Hz a kompenzace sklonu je zakázána. Při nastavení otáček v ot./min. ze štítku motoru je kompenzace sklonu povolena a měnič zobrazuje otáčky v ot./min. Všechny parametry související s rychlostí (minimální, maximální otáčky, přednastavená rychlost) budou zobrazeny v ot./min. Při změně parametru P-09, dojde k nastavení P-10 zpět do 0. |  |   |                   |               |
|      |   |  |   |                   |               |
| P-11 | Zvýšení napětí  | 0.0  | 20.0  | Dle výkonu měniče | %             |
|      | Zvýšení napětí při nízkých výstupních frekvencích pro zvýšení záběrného momentu.<br>Zvyšování úrovně zesílení napětí může mít za následek přehřívání motoru. Obecně platí, že čímž je nižší výkon motoru, tím je možnost nastavení zesílení vyšší.  |  |   |                   |               |
| P-12 | Způsob ovládání   | 0  | 9   | 0                 | -             |
|      | 0: Ze svorkovnice. Ovládání z řídicí svorkovnice měniče.  |  |   |                   |               |
|      | 1: Z ovládacího panelu. Ovládání měniče z ovládacího panelu, povolen pouze kladný směr otáček   |  |   |                   |               |
|      | 2: Z ovládacího panelu. Ovládání měniče z ovládacího panelu, reverzace povolena. Tlačítko start na klávesnici měniče přepíná mezi chodem vpřed a vzad.  |  |   |                   |               |
|      | 3: Modbus komunikace. Ovládání měniče přes interface MODBUS RTU (RS485), při použití daných rozjezdových a dojezdových ramp   |  |   |                   |               |
|      | 4: Modbus komunikace. Ovládání měniče přes interface MODBUS RTU (RS485). Komunikací je možno upravovat rozjezdovou i zpomalovací rampu.   |  |   |                   |               |
|      | 5 : PI regulátor. Ovládání měniče pomocí PI regulátoru s externí zpětnou vazbou.  |  |   |                   |               |
|      | 6 : PI regulátor přičítající hodnotu an. vstupu č.1. Ovládání měniče pomocí PI regulátoru s externí zpětnou vazbou, jejíž hodnota je přičítána k hodnotě analog. vstupu č.1.  |  |   |                   |               |
|      | 7 : CAN open komunikace. Ovládání měniče přes interface CAN open (RS485), při použití daných rozjezdových a dojezdových ramp.   |  |   |                   |               |
|      | 8 : CAN open komunikace. Ovládání měniče přes interface CAN open (RS485). Komunikací je možno upravovat rozjezdovou i zpomalovací rampu.  |  |   |                   |               |
|      | 9 : Slave mode. Ovládání měničem INVERTEK připojeného v režimu Master. Adresa musí být > 1.   |  |   |                   |               |
|      | <b>Poznámka:</b> Pokud je P-12 = 1, 2, 3, 4, 7, 8, nebo 9, musí být chod povolen propojením svorky č. 1 a 2.  |  |   |                   |               |
| P-13 | Typ zátěže  | 0  | 2   | 0                 | -             |
|      | 0 : Těžký rozběh. Určeno pro většinu standardních aplikací s přetížením výstupního proudu 150% po dobu 60s. Funkce startu s běžícím motorem je zakázána.  |  |   |                   |               |
|      | 1: Čerpadlo. Určeno pro pohon čerpadla s přetížením výstupního proudu 110% po dobu 60s. Funkce startu s běžícím motorem je zakázána.  |  |   |                   |               |
|      | 2 : Ventilátor. Určeno pro pohon ventilátoru s přetížením výstupního proudu 110% po dobu 60s. Funkce startu s běžícím motorem je povolena.  |  |   |                   |               |
| P-14 | Přístup k rozšířené sadě parametrů  | 0  | 65535   | 0                 | -             |
|      | Po nastavení hodnoty je, dle P-37 (továrně 101), umožněn přístup k rozšířené sadě parametrů. K přístupu do pokročilé sady parametrů nastavte 201. Hodnota v P-37 může být změněna.  |  |   |                   |               |

Obr. 27: Základní sada parametrů měniče Invertek [6]

## 6.2. Rozšířená sada parametrů

| Par. | Název  | Minimum | Maximum | Továrně | Jednotka      |
|------|--|---------|---------|---------|---------------|
| P-15 | <b>Funkce digitálních vstupů</b>   | 0       | 17      | 0       | -             |
|      | Definice funkce digitálních vstupů v závislosti na způsobu ovládání dle P-12. Kombinaci funkcí naleznete v sekci 7, strana 22.   |         |         |         |               |
| P-16 | <b>Formát analogového vstupu č.1</b>   |         |         | U0-10   | -             |
|      | <p>U 0-10 = 0 až 10 V (unipolární).</p> <p>b 0-10 = 0 až 10 V (bipolární). Pro obousměrné řízení otáček motoru nastavte P-35 = 200.0%, P-39 = 50.0%</p> <p>R 0-20 = 0 až 20mA</p> <p>t 4-20 = 4 až 20mA, měnič při poklesu žádosti pod 3mA vyhlásí chybu 4-20F.</p> <p>r 4-20 = 4 až 20mA, měnič při poklesu žádosti pod 3mA přepne na rychlost dle P-20.</p> <p>e 20-4 = 20 až 4mA, měnič při poklesu žádosti pod 3mA vyhlásí chybu 4-20F.</p> <p>z 20-4 = 20 až 4mA, měnič při poklesu žádosti pod 3mA přepne na rychlost dle P-20.</p> <p>U 10-0 = 10 až 0 V (unipolární).</p>  |         |         |         |               |
| P-17 | <b>Modulační frekvence</b>   | 4       | 32      | 8 / 16  | kHz           |
|      | Nastavení vyšší modulační frekvence za účelem snížení hluku motoru má za následek zvýšení tepelných ztrát měniče. Jestliže se na displeji měniče zobrazí "rEd", tak byla z důvodu vysoké teploty chladiče snížena modulační frekvence na hodnotu viz P00-32.   |         |         |         |               |
| P-18 | <b>Funkce výstupního relé</b>  | 0       | 7       | 1       | -             |
|      | <p>Kontakt relé (svorky č. 10 a 11) sepne, je-li funkční podmínka pravdivá.</p> <p>0 : Měnič v chodu.</p> <p>1 : Měnič bez poruchy.</p> <p>2 : Žádaná rychlost je dosažena.</p> <p>3 : Měnič vyhlásil chybu.</p> <p>4 : Výstupní frekvence &gt;= Limit. Výstupní frekvence měniče &gt;= dle limitu v P-19.</p> <p>5 : Výstupní proud &gt;= Limit. Výstupní proud měniče &gt;= dle limitu v P-19.</p> <p>6 : Výstupní frekvence &lt; Limit. Výstupní frekvence měniče &lt; dle limitu v P-19.</p> <p>7 : Výstupní proud &lt; Limit. Výstupní proud měniče &lt; dle limitu v P-19.</p> <p>8 : Analog. vstup č.2 &gt; Limit. Žádost na analogovém vstupu č.2 &gt; dle limitu v P-19.</p>  |         |         |         |               |
| P-19 | <b>Limit výstupního relé</b>   | 0.0     | 200.0   | 100.0   | %             |
|      | Nastavení limitu pro P-18 4-8  |         |         |         |               |
| P-20 | <b>Frekvenční žádost 1</b>   | -P-01   | P-01    | 5.0     | Hz / ot./min. |
| P-21 | <b>Frekvenční žádost 2</b>   | -P-01   | P-01    | 25.0    | Hz / ot./min. |
| P-22 | <b>Frekvenční žádost 3</b>   | -P-01   | P-01    | 40.0    | Hz / ot./min. |
| P-23 | <b>Frekvenční žádost 4</b>   | -P-01   | P-01    | P-09    | Hz / ot./min. |
|      | Frekvenční žádosti jsou aktivovány danými digitálními vstupy měniče, dle nastavení P15.  |         |         |         |               |
| P-24 | <b>2. zpomalovací rampa (rychlý stop)</b>  | 0.00    | 600.0   | 0.00    | s             |
|      | 2. zpomalovací rampa (rychlý stop) je aktivována pomocí digitálních vstupů, dle nastavení P-15. V případě výpadku napájení může být automaticky aktivována, nastavení P-05=2,3.  |         |         |         |               |
| P-25 | <b>Funkce analogového výstupu</b>  | 0       | 10      | 8       | -             |
|      | <p><b>Mód digitální výstup. Podmínka splněna = +24V DC</b></p> <p>0 : Měnič v chodu.</p> <p>1 : Měnič bez poruchy.</p> <p>2 : Žádaná rychlost je dosažena.</p> <p>3 : Měnič vyhlásil chybu.</p> <p>4 : Výstupní frekvence &gt;= Limit. Výstupní frekvence měniče &gt;= dle limitu v P-19.</p> <p>5 : Výstupní proud &gt;= Limit. Výstupní proud měniče &gt;= dle limitu v P-19.</p> <p>6 : Výstupní frekvence &lt; Limit. Výstupní frekvence měniče &lt; dle limitu v P-19.</p> <p>7 : Výstupní proud &lt; Limit. Výstupní proud měniče &lt; dle limitu v P-19.</p> <p><b>Mód analogový výstup</b></p> <p>8 : Výstupní frekvence. 0 až P-01, rozlišení 0,1Hz .</p> <p>9 : Výstupní proud. 0 až 200% hodnoty v P-08, rozlišení 0,1A.</p> <p>10 : Výstupní výkon. 0 až 200% jmenovitého výkonu motoru.</p> |         |         |         |               |
| P-26 | <b>Šířka pásma zakázané frekvence</b>  | 0.0     | P-01    | 0.0     | Hz / ot./min. |
| P-27 | <b>Zakázaná frekvence</b>  | 0.0     | P-01    | 0.0     | Hz / ot./min. |
|      | Nastavením zakázané frekvence je možné předejít vibracím motoru při daných frekvencích. Parametr nastavuje střed pásma zakázané frekvence ve spojení s P-26. Jestliže je žádaná hodnota frekvence v rozsahu zakázaného pásma, měnič automaticky přeskočí na horní nebo spodní hranici zakázaného pásma.  |         |         |         |               |
| P-28 | <b>Nastavení napětí U/f křivky</b>   | 0       | P-07    | 0       | V             |
| P-29 | <b>Nastavení frekvence U/f křivky</b>  | 0.0     | P-09    | 0.0     | Hz            |
|      | Nastavením parametrů P-28 a P-29 je možné určit bod průběhu U/f křivky.  |         |         |         |               |

Obr. 28: Rozšířená sada parametrů měniče Invertek [6]



### 7.3. Makro funkce - ovládání ze svorkovnice (P-12 = 0)

| P-15 | DI1  |                                 | DI2                |                 | DI3 / AI2           |                 | DI4 / AI1           |           |      |
|------|------|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------|------|
|      | 0    | 1                               | 0                  | 1               | 0                   | 1               | 0                   | 1         |      |
| 0    | STOP | START                           | +směr otáčení      | -směr otáčení   | AI1 REF             | P-20 REF        | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 1    | STOP | START                           | AI1 REF            | PR-REF          | P-20                | P-21            | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 2    | STOP | START                           | DI2                | DI3             | PR                  |                 | P-20 - P-23         | P-01      |      |
|      |      |                                 | 0                  | 0               | P-20                |                 |                     |           |      |
|      |      |                                 | 1                  | 0               | P-21                |                 |                     |           |      |
|      |      |                                 | 0                  | 1               | P-22                |                 |                     |           |      |
|      |      |                                 | 1                  | 1               | P-23                |                 |                     |           |      |
| 3    | STOP | START                           | AI1                | P-20 REF        | Externí chyba       | OK              | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 4    | STOP | START                           | AI1                | AI2             | Analogový vstup č.2 |                 | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 5    | STOP | START +směr ot.                 | STOP               | START -směr ot. | AI1                 | P-20 REF        | Analogový vstup č.1 |           |      |
|      |      | ^----- Rychlý STOP (P-24)-----^ |                    |                 |                     |                 |                     |           |      |
| 6    | STOP | START                           | +směr otáčení      | -směr otáčení   | Externí chyba       | OK              | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 7    | STOP | START +směr ot.                 | STOP               | START -směr ot. | Externí chyba       | OK              | Analogový vstup č.1 |           |      |
|      |      | ^----- Rychlý STOP (P-24)-----^ |                    |                 |                     |                 |                     |           |      |
| 8    | STOP | START                           | +směr otáčení      | -směr otáčení   | DI3                 | DI4             | PR                  |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 0                   | 0               | P-20                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 1                   | 0               | P-21                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 0                   | 1               | P-22                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 1                   | 1               | P-23                |           |      |
| 9    | STOP | START +směr ot.                 | STOP               | START -směr ot. | DI3                 | DI4             | PR                  |           |      |
|      |      | ^----- Rychlý STOP (P-24)-----^ |                    |                 | 0                   | 0               | P-20                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 1                   | 0               | P-21                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 0                   | 1               | P-22                |           |      |
|      |      |                                 |                    |                 | 1                   | 1               | P-23                |           |      |
| 10   | (NO) | START                           | STOP               | (NC)            | AI1 REF             | P-20 REF        | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 11   | (NO) | START +směr ot.                 | STOP               | (NC)            | (NO)                | START -směr ot. | Analogový vstup č.1 |           |      |
|      |      | ^----- Rychlý STOP (P-24)-----^ |                    |                 |                     |                 |                     |           |      |
| 12   | STOP | START                           | Rychlý STOP (P-24) | OK              | AI1 REF             | P-20 REF        | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 13   | (NO) | START +směr ot.                 | STOP               | (NC)            | (NO)                | START -směr ot. | KPD REF             | P-20 REF  |      |
|      |      | ^----- Rychlý STOP (P-24)-----^ |                    |                 |                     |                 |                     |           |      |
| 14   | STOP | START                           | DI2                |                 | Externí chyba       | OK              | DI2                 | DI4       | PR   |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 0                   | 0         | P-20 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 1                   | 0         | P-21 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 0                   | 1         | P-22 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 1                   | 1         | P-23 |
| 15   | STOP | START                           | P-23 REF           | AI1             | Fire Mode           | OK              | Analogový vstup č.1 |           |      |
| 16   | STOP | START                           | P-23 REF           | P-21 REF        | Fire Mode           | OK              | +směr ot.           | -směr ot. |      |
| 17   | STOP | START                           | DI2                | Externí chyba   | OK                  | Fire Mode       | DI2                 | DI4       | PR   |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 0                   | 0         | P-20 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 1                   | 0         | P-21 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 0                   | 1         | P-22 |
|      |      |                                 |                    |                 |                     |                 | 1                   | 1         | P-23 |

Obr. 27: Makro funkce ovládání ze svorkovnice [6]

Dle výše uvedených tabulek byly parametrovány frekvenční měniče, kde některé parametry zůstaly v továrním nastavení a jiné jsem musel změnit tak, aby správně fungovalo zapojení dle výkresu rozvaděče.

Změněné parametry jsou popsány zde:

**P-02** - 30 Hz

**P-03 a P-04** - 40 s

**P-05** - 1

**P-08** - přívodní ventilátor 12,8 A  
- odtahový ventilátor 9,4 A

**P-13** - 2

**P-14** - 101

**P-15** - 0

**P-18** - 3

### 5.3 Oživení řídicího systému, snímačů a akčních členů

Při montáži může dojít k různým chybám při zapojení. Proto je nutné otestovat všechny snímače a akční členy. Oživování začíná měřením všech snímačů a postupným připojováním. Je nutné otestovat všechny akční členy pro kontrolu funkčnosti daného pohonu. Dále se testují všechny analogové výstupy, kde by při špatném zapojení mohlo dojít ke zničení výstupu a v horším případě celého modulu. Následuje testování všech havarijních funkcí: centrální stopu, kapilárového termostatu, snímače úniku plynů a havarijního tlaku v systému ústředního topení. Při odstavení kotleny je nutné zajistit zavření havarijního ventilu na přívodu plynu BAP. Po kontrole všech prvků je nutné provést před spuštěním technologie revizi elektro zařízení.

### 5.4 Odladění systému

Po implementaci a oživení řídicího systému je třeba celý systém správně odladit. Je nutné přeměřit snímače teploty, zkontrolovat tlakové ztráty na filtrech. Poté je třeba nastavit a odladit konstanty PID regulátorů, jelikož každý systém má jiné odezvy, jinou setrvačnost a každý prostor má svá specifika je nutné přistupovat ke každému případu samostatně a postupně odladit celý systém. Takto do budoucna předejdeme zbytečným servisním výjezdům a opravám.

### 5.5 Vzdálený přístup pomocí web-serveru

Pro realizaci vzdáleného přístupu a web serveru bylo nutné zřídit veřejnou IP adresu, pomocí které bude možné připojení k danému PLC. Web server byl vytvořen v prostředí Mosaic pomocí aplikace Web maker. Pomocí této jednoduché vizualizace může uživatel měnit cílové hodnoty teplot regulace, časový program a zároveň je schopen pozorovat aktuální hodnoty teplot v místnostech a VZT jednotky. Níže si ukážeme a vysvětlíme vzhled samotných obrazovek vizualizace.

Díky veřejné IP adrese se může programátor vzdáleně připojit k danému PLC. Může měnit a přepisovat celý program pomocí vývojového prostředí Mosaic.

**Obrazovka VZT** vychází z technologického schématu VZT jednotky, které je součástí příloh. Vizualizační obrazovka nám ukazuje požadavek na otevření klapky, otáček ventilátorů teplot v daných místech VZT jednotky a kinosálu. Obsluha zde vidí také nastavený časový program.

**Parametry VZT** umožňují nastavení různých možností a výsledných hodnot samotné regulace. Tato obrazovka nám umožňuje nastavení:

**Regulace teploty dle:**

- 1) Teplotního snímače v horní části kinosálu
- 2) Teplotního snímače v dolní části kinosálu
- 3) Průměr teploty v kinosále
- 4) Teplotního snímače na vratu VZT jednotky
- 5) Teplotního snímače na výstupu VZT jednotky

Dále zde nastavujeme požadované teploty a meze teplot na výstupu VZT jednotky pro plný a tlumený režim.

**Nastavení ventilátorů:**

- 1) Regulace dle CO<sub>2</sub>
- 2) Na konstantní otáčky ventilátorů

Zde máme možnost nastavit otáčky ventilátorů při zvoleném režimu konstantních otáček.

**Nastavení klapek:**

- 1) Dle CO<sub>2</sub>
- 2) Konstantní poloha

Nastavení konstantní polohy je možné v políčku pod nastavením režimu regulace. Dále je možné měnit nastavení klapek pro provětrání sálu a minimální procentuální zastoupení čerstvého vzduchu při představení.

**Noční vychlazení prostoru** slouží pro letní období, pro naakumulování chladného vzduchu do prostoru sálu, zde máme možnost nastavit si časový úsek, kdy může k dochlazení dojít. Noční dochlazení bude spouštěno dle rozdílu venkovní teploty a teploty v sále, přičemž si tento parametr může nastavit obsluha.

**Časový program** slouží pro nastavení času, kdy bude probíhat program kina. Půl hodiny před představením dojde k dotopení a provětrání kinosálu a od začátku časového programu už běží regulace dle nastavených parametrů.

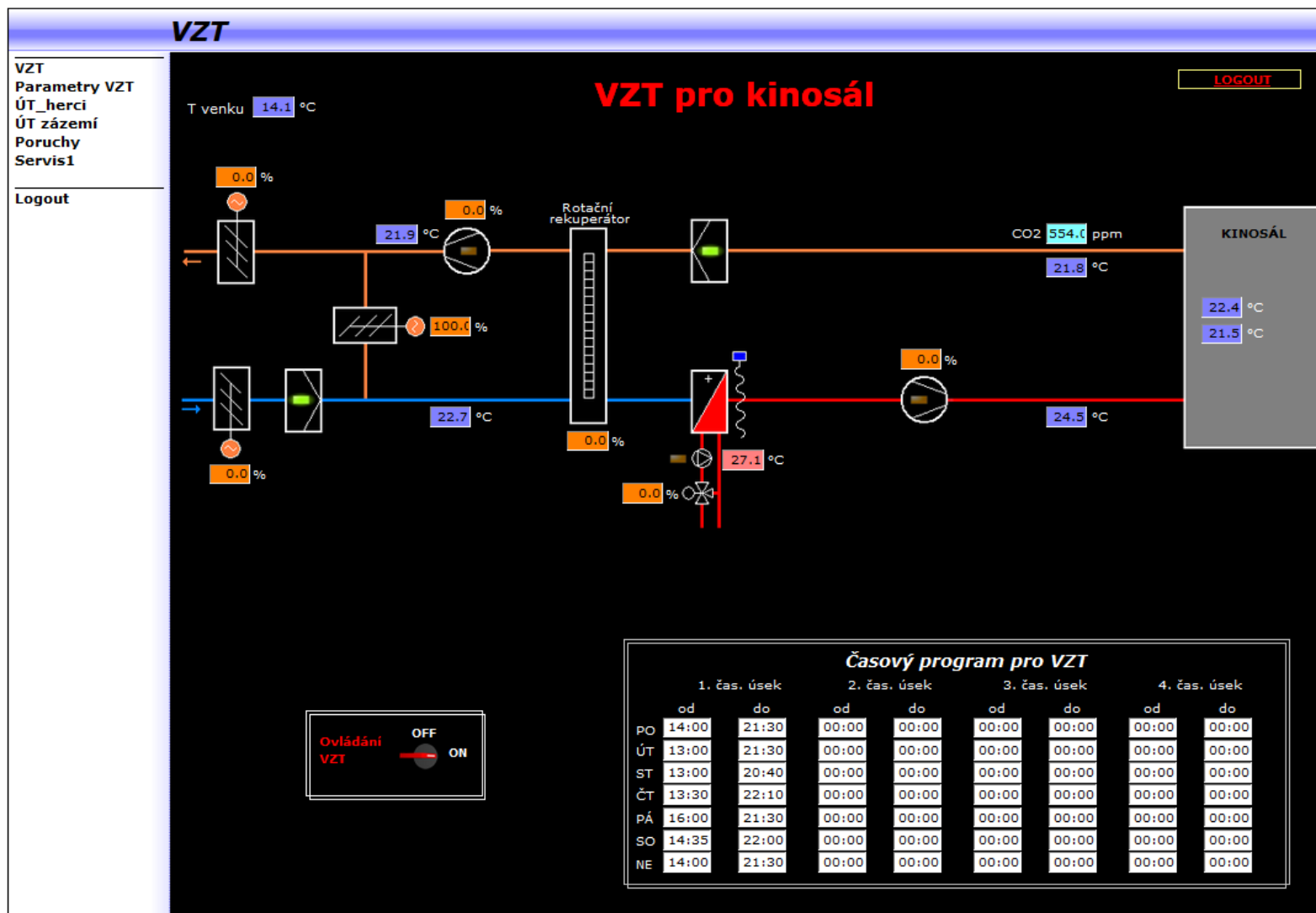
**Obrazovky pro vytápění** umožňují zapínání a vypínání vytápění dané větve ústředního topení. Dále nastavení možnosti regulace:

- 1) Dle ekvitermní křivky
- 2) Na požadovanou teplotu v prostoru

U regulace dle ekvitermní křivky je možné dle zkušeností uživatele měnit hodnoty výstupní topné vody. Regulace na požadovanou teplotu v prostoru umožňuje nastavení dané teploty. Při automatickém provozu musí být nastaven časový program.

**Poruchy technologie** jsou signalizovány červenými kontrolkami a zároveň se zašle obsluze SMS pomocí GSM terminálu.

**Obrazovka Servis1** slouží pro nastavování parametrů a sledování archivu pro montážní organizaci. Běžná obsluha neznalá technologie nemá možnost do tohoto nastavení zasahovat.



Obr. 28: Okno vizualizace VZT jednotky



VZT

Parametry VZT

ÚT\_herci

ÚT zázemí

Poruchy

Servis1

Logout

## Parametry VZT

### Požadované teploty:

Režim regulace T:

0-T v prostoru nahoru  
1-T v prostoru dolů  
2-T v prostoru průměr  
3-T na vrat VZT  
4-T na výstup VZT

**Plný provoz-představení**

Pož. T v prostoru  °C

Pož. T na výstupu VZT  °C

Minimální mez T:  °C

Maximální mez T:  °C

**Tlumený provoz**

Pož. T v prostoru při temperaturi  °C

Pož. T za VZT při temperaturi  °C

### Nastavení klapek VZT:

Režim regulace  0-Dle CO2  
1-Konstantní poloha klapky

Konstantní poloha klapky  %

Poloha vstupní klapky před představením:  
při provětrání sálu:  %

Minimální množství čerstvého vzduchu při představení:

## Parametry regulace

### Nastavení ventilátorů VZT:

Pož. koncentrace CO2 při představením:  ppm

Konstantní otáčky:

Výkon přívodního ventilátoru VZT  %

Výkon odtahového ventilátoru VZT  %

Režim regulace ventilátorů  0-Dle CO2  
1-Konstantní otáčky

### Noční vychlazení prostoru kinosálu

Povolení nočního chlazení

Povoleno: od  do  hod

Při překročení T v prostoru spustí větrání:  °C

Zastavit větrání při poklesu na T v prostoru:  °C

Povolení funkce jen pokud Tvenku < Tprost:  °C

Min. povolená T na výstupu VZT při nočním chlazení:  °C

### Časový program pro VZT

|    | 1. čas. úsek |       | 2. čas. úsek |       | 3. čas. úsek |       | 4. čas. úsek |       |
|----|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
|    | od           | do    | od           | do    | od           | do    | od           | do    |
| PO | 14:00        | 21:30 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| ÚT | 13:00        | 21:30 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| ST | 13:00        | 21:30 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| ČT | 15:00        | 22:10 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| PÁ | 16:00        | 21:30 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| SO | 14:35        | 22:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |
| NE | 14:00        | 21:30 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 | 00:00        | 00:00 |

Obr. 29: Okno vizualizace pro nastavení parametrů VZT jednotky

ÚT\_herci

VZT  
Parametry VZT  
ÚT\_herci  
ÚT zázemí  
Poruchy  
Servis1

Logout

Vytápění herci

T venku11.0 °C

T v prostoru17.7 °C

T vody větve24.1 °C

Ovládání ÚT

OFF ON

Parametry regulace

Režim regulace T:00-Ekviterma1-Konstantní T

Konstantní T:25 °C

Korekce T v prostoru:00-Zakázána1-Povolena

Požadovaná T v prostoru:23 °C

T venku pro odstavení vytápění:25 °C

Ekvitermní křivka

Venk. T

Pož. T

BOD č.1-20 °C65 °C

BOD č.20 °C55 °C

BOD č.310 °C45 °C

BOD č.420 °C20 °C

Minimální T vypočtená z ekvitem25 °C

Hodnota útlumu5 °C

Aktuálně požadovaná T vody42 °C

Časový program

1. čas. úsek

2. čas. úsek

od

do

od

do

PO06:0022:0000:0000:00

ÚT06:0022:0000:0000:00

ST06:0022:0000:0000:00

ČT06:0022:0000:0000:00

PÁ06:0022:0000:0000:00

SO06:0022:0000:0000:00

NE06:0022:0000:0000:00

Obr. 30: Okno vizualizace pro ÚT herci

42

ÚT zázemí

VZT  
Parametry VZT  
ÚT\_herci  
ÚT zázemí  
Poruchy  
Servis1

Logout

Vytápění zázemí

T venku

10.9 °C

T v prostoru

22.8 °C

T vody větve

44.5 °C

Ovládání ÚT

OFF

ON

Parametry regulace

Režim regulace T:

0

0-Ekviterma  
1-Konstantní T

Konstantní T:

20 °C

Korekce T v prostoru:

0

0-Zakázána  
1-Povolena

Požadovaná T v prostoru:

20 °C

T venku pro odstavení vytápění:

20 °C

Ekvitermní křivka

Venk. T

Pož. T

BOD č.1

-20 °C

65 °C

BOD č.2

0 °C

55 °C

BOD č.3

10 °C

45 °C

BOD č.4

20 °C

20 °C

Minimální T vypočtená z ekviterm

20 °C

Hodnota útlumu

5 °C

Aktuálně požadovaná T vody

43 °C

Časový program

1. čas. úsek

2. čas. úsek

|    | od    | do    | od    | do    |
|----|-------|-------|-------|-------|
| PO | 08:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| ÚT | 08:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| ST | 08:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| ČT | 08:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| PÁ | 08:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| SO | 13:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |
| NE | 13:00 | 21:00 | 00:00 | 00:00 |

Obr. 31: Okno vizualizace pro ÚT zázemí (foyer)

43



Servis1

VZT  
Parametry VZT  
ÚT\_herci  
ÚT\_zázemí  
Poruchy  
Servis1

Logout

Servisní parametry

### Ruční řízení komponentů VZT:

**Přívodní ventilátor VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP  
Ruční hodnota (%): 10  
Aktuální hodnota (%): 0,0

**Odtahový ventilátor VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP  
Ruční hodnota (%): 10  
Aktuální hodnota (%): 0,0

**Rotační rekuperátor VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP  
Ruční hodnota (%): 0  
Aktuální hodnota (%): 0,0

**Ventil ohřevu VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ  
Ruční hodnota (%): 10  
Aktuální hodnota (%): 0,0

**Čerpadlo ohřevu VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP

**Vstupní klapka VZT**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ  
Ruční hodnota (%): 10  
Aktuální hodnota (%): 0,0

### Ruční řízení komponentů ÚT:

**Čerpadlo ÚT herci**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP

**Čerpadlo ÚT zázemí**  
Ovládání: 0 0-AUTO, 1-RUČ, 2-VYP

**Přístup do archivu trendů VZT**  
Archiv měřených hodnot

**Přístup do archivu trendů ÚT**  
Archiv měřených hodnot

Obr. 33: Okno vizualizace pro servis a archiv trendů

45

## 6 Ověření výsledků pomocí měření

### a) 4. 4. 2018 (středa) chod dle časového programu

V tomto případě se jednalo o zkušební provoz, kde se postupně dle získaných dat dále odlaďovaly jednotlivé regulátory. Vzhledem k proměnné obsazenosti sálu je nutné postupně odlaďovat regulaci delší dobu tak, aby splňovala kritéria v různých situacích. Následující časové průběhy sloužily jako pomůcky pro změnu regulace.

Díky grafům níže je možné vidět postupně regulaci dle nastaveného časového programu. VZT jednotka se spouští 30 minut před nastaveným časovým programem v čase 12:30. Nejdříve nastává provětrání a dotopení prostoru kinosálu. Po 30 minutách motory VZT jednotky sníží otáčky na 20 %.

#### **14:00 – 16:00 filmové představení, počet návštěvníků kina: 246**

Ve 13:45 přichází lidé do sálu, roste hodnota  $\text{CO}_2$  a v tu chvíli se zvyšují otáčky motoru. Jelikož se zvýšením otáček nedostatečně hodnota  $\text{CO}_2$  snižuje, začíná se otevírat klapka na sání, ke které se inverzně zavírá klapka směšovací. Po poklesu hodnoty pod žádanou mez se sací klapka uzavírá, nastává překročení žádané hodnoty  $\text{CO}_2$ . Poté se klapka opět otevírá.

#### **17:00 – 19:00 filmové představení, počet návštěvníků kina: 11**

Od 16:30 do 17:00 je VZT jednotka vypnuta. V 17:00 dochází k zapnutí jednotky, kde se jednotka pokouší dotopit prostor díky nízké teplotě zpětného vzduchu. Vzhledem k malé návštěvnosti hodnota  $\text{CO}_2$  stagnuje v okolí hodnoty 800 ppm. Regulace teploty kmitá, je držena v tolerančním pásmu  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

#### **20:00 – 22:00 filmové představení, počet návštěvníků kina: 77**

Od 20:00 narůstá hodnota  $\text{CO}_2$ , přichází reakce v podobě zvýšení otáček motorů a poté následuje otevření vstupní klapky. Ventil topení se zavírá díky vyzářovanému teplu návštěvníků. I přes uzavřený ventil se díky směšování udržuje mírně vzrůstající teplota v sále. Po otevření klapky teplota klesá. Ve 21:30 je jednotka vypnuta.

### **Výsledky měření**

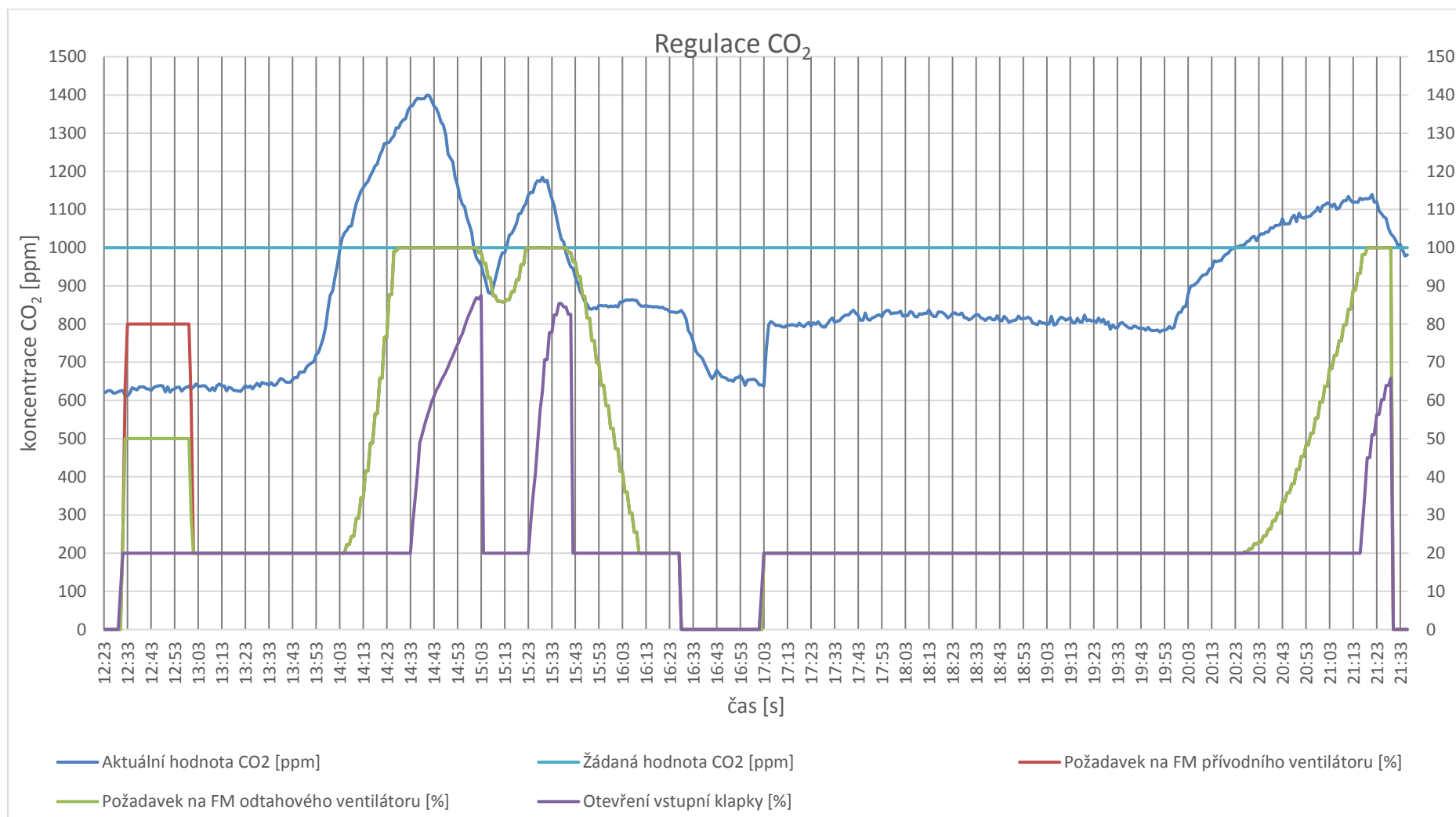
Po uplynulém měření byly změněny konstanty pro otvírání vstupní klapky, kde reakce na otevření byla urychlena. Reakce regulace teploty byla mírně zpomalena, aby nedocházelo ke kmitům.

**Pozn.:** Při realizaci došlo ke zjištění, že VZT jednotka po provozu trvajícím 18 let má zřejmě zanesený registr topení, který nevykazoval daný výkon. Díky tomuto musela být upravena ekvitermní křivka topení. Samotná regulace může být tímto ovlivněna – může vykazovat kmitání hodnot.

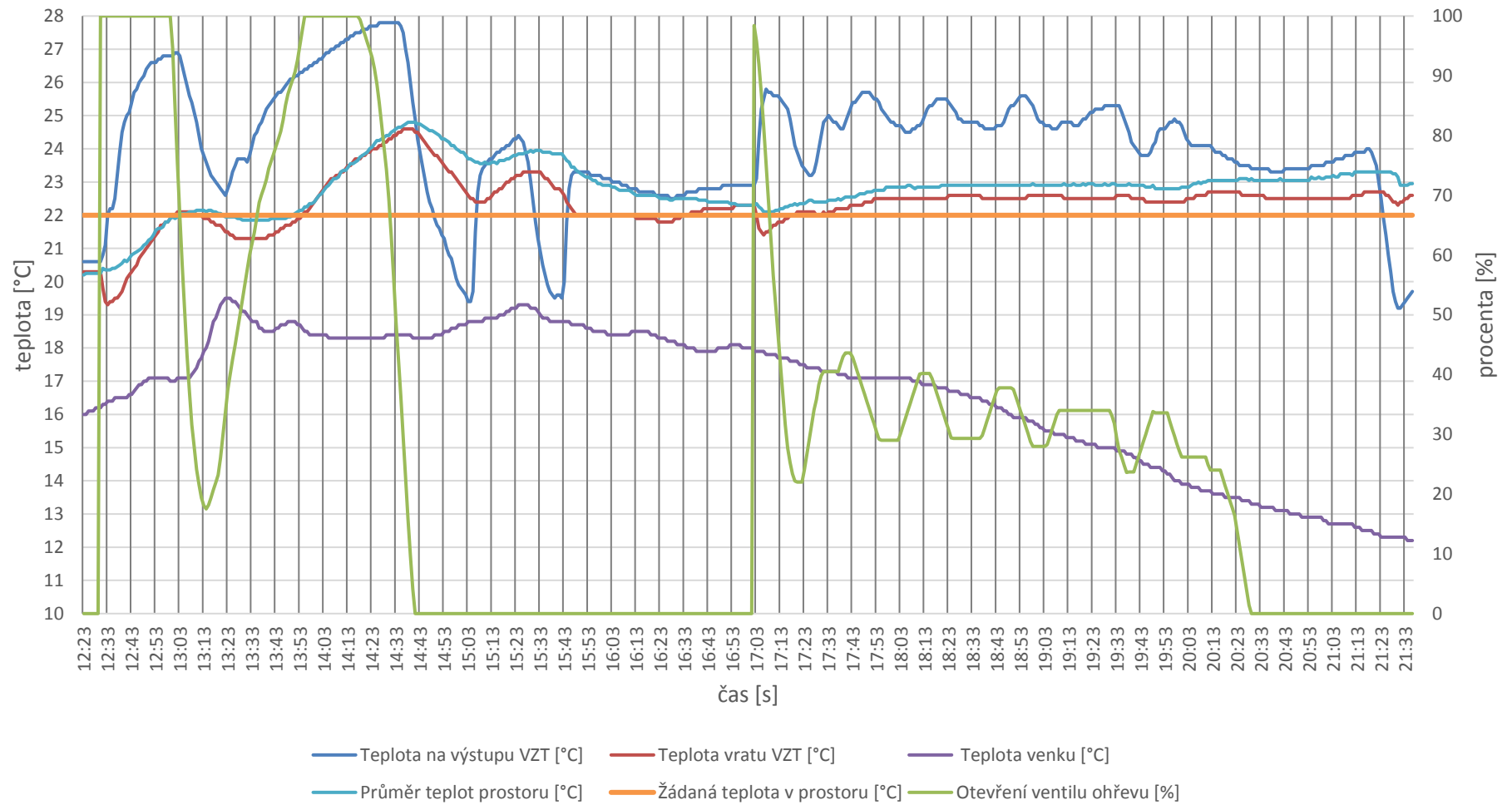
Dále bylo zjištěno nedostatečně izolované potrubí zpětného vzduchu. To může mít za následek zkreslování výstupní hodnoty teploty vzduchu.

Do budoucna je plánováno odstranění těchto závad, po jejich odstranění bude muset dojít k úpravě konstant regulátorů.

*V následujících průbězích dochází k překrytí hodnoty požadavku na frekvenční měniče přívodu i odtahu z důvodu symetrického řízení. Legenda ke grafu „Požadavek na FM přívodního/odtahového ventilátoru [%]” je žádaná frekvence pro frekvenční měnič napájecí motor příslušného ventilátoru vyjádřená v %, kde 100 % = 50 Hz a 20% = 35Hz.*



## Regulace teploty v sále





**b) 7. 4. 2018 (sobota) chod dle časového programu**

V sobotu bývá návštěvnost kinosálu velmi malá. Při takovéto návštěvnosti můžeme vidět, že VZT jednotka po dotopení sálu sníží otáčky ventilátoru, s klapkami nehýbe. Pouze přitápí prostor, kde lidé nevytvářejí příliš mnoho tepla.

**15:00 – 17:00 filmové představení, počet návštěvníků kina: 11**

Okolo 15:00 je dětské představení, zde můžeme vidět lehký nárůst  $\text{CO}_2$ , který je zanedbatelný (není třeba zásahu regulátoru). Po celou dobu je prostor dotápěn na požadovanou hodnotu. V 16:30 dochází k překročení žádané hodnoty teploty a ventil topení se postupně přivírá na hodnotu 15%.

**17:30 – 19:30 filmové představení, počet návštěvníků kina: 70**

Následně v 17:30 začíná promítání dalšího filmu. Díky malé obsazenosti sálu zde dojde pouze v 19:00 ke zvýšení otáček motorů, které postačují ke snížení hodnoty  $\text{CO}_2$  v sále. Ventil topení se v průběhu filmového představení pohybuje okolo 25 %. Teplota v prostoru se pohybuje s maximální odchylkou  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  od žádané hodnoty.

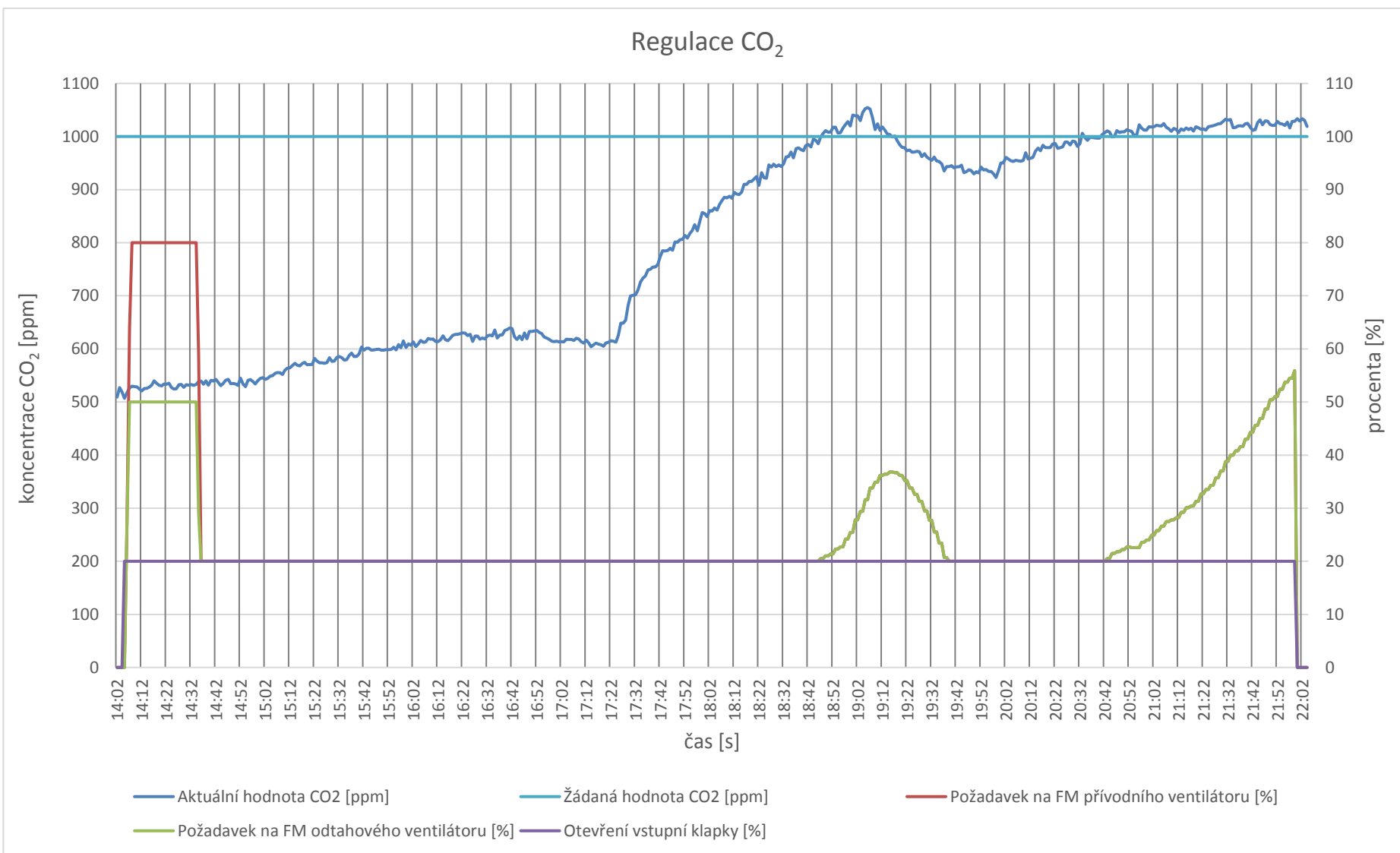
**20:00 – 22:00 filmové představení, počet návštěvníků kina: 24**

Průběh při večerním představení je velmi podobný jako v předchozím odpoledním představení. Dochází zde pouze ke zvyšování otáček motorů z důvodu zvýšení koncentrace  $\text{CO}_2$ . Motory zvyšují otáčky od 20:40 až do konce představení. Hodnota koncentrace  $\text{CO}_2$  je držena okolo 1025 ppm. Teplota v sále se drží opět s odchylkou  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  od žádané hodnoty.

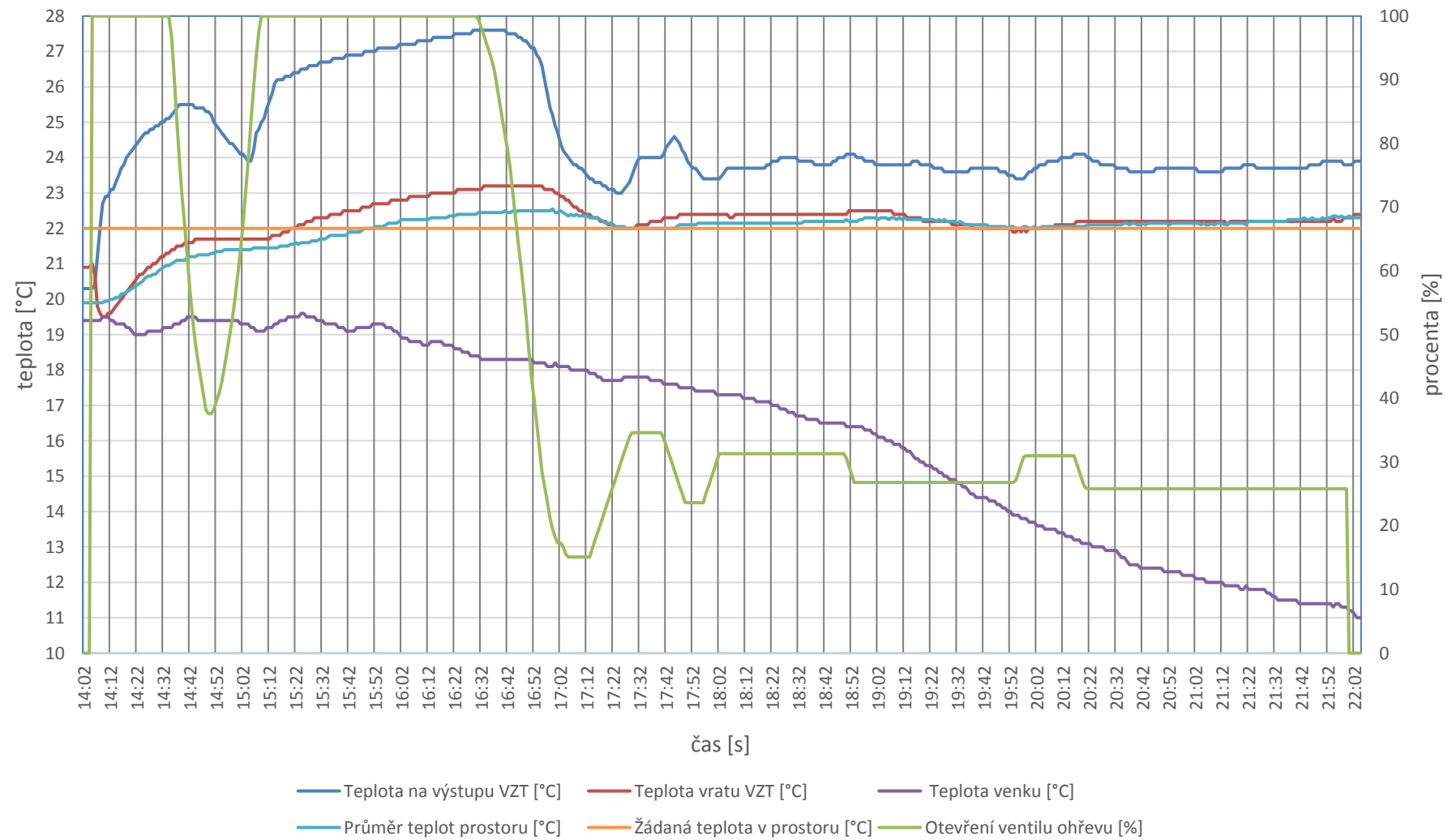
**Výsledky měření**

Hodnoty regulace se velmi blíží žádaným hodnotám, vytváří pouze malé překmity, které mohou být dány chybami technologie. Tato regulace se již velmi blíží cílovému stavu. Z grafů můžeme vypořizovat, že daný typ regulace umožňuje šetřit náklady za vytápění a provoz VZT jednotky.

*V následujících průbězích dochází k překrytí hodnoty požadavku na frekvenční měniče přívodu i odtahu z důvodu symetrického řízení. Legenda ke grafu „Požadavek na FM přívodního/odtahového ventilátoru [%]” je žádaná frekvence pro frekvenční měnič napájecí motor příslušného ventilátoru vyjádřená v %, kde  $100\text{ } \% = 50\text{ Hz}$  a  $20\text{ } \% = 35\text{ Hz}$ .*



## Regulace teploty v sále



## 7 Závěr

Diplomová práce obsahovala mnoho dílčích různorodých činností, které musely být podrobně vypracovány. Nejprve se jednalo o technologické schéma VZT jednotky a kotelny, dle kterého bylo vytvořeno zapojovací schéma rozvaděče. Následovala výroba rozvaděče.

Z důvodu realizace při plném provozu bylo nutné detailně připravit kabeláž. Stávající nepopsané kabely musely být dohledány a popsány. Nevyhovující kabeláž byla nahrazena novou. Nová kabeláž byla natažena ve stávajících trasách.

Poté následovalo vytvoření softwaru a vizualizace, kde z důvodu prvotní realizace prostoru kinosálu bylo nutné konzultovat vše s projektanty vzduchotechniky. Snahou bylo vytvořit software tak, aby splňoval všechny podmínky dané provozovatelem kina k jeho maximální spokojenosti.

Samotná realizace spočívala v zapojení rozvaděče a přepojení komponentů včetně testování a ožívování v co nejkratší době. Zde došlo k nutnosti řídit VZT jednotku ručně na přechodnou dobu. Následovaly zkoušky jednotlivých poruchových signalizací a bezpečnostních prvků.

Z hlediska regulace je VZT jednotka schopna udržet dané parametry s mírnými překmity, se kterými se v tomto typu provozu počítá. Uživatel má možnost nastavovat výsledné hodnoty regulace pomocí web-serveru. Technologie kotelny a VZT jednotky jsou na sebe navázány, což by mělo do budoucna zajistit úsporu energií. Do budoucna je plánováno rozšíření VZT jednotky o přímý výparník z důvodu možnosti chlazení sálu, kde bude muset dojít k rozšíření a změně programu a jeho konstant. V rozvaděči jsou připraveny rezervy pro toto rozšíření.

Diplomová práce byla splněna v celém rozsahu. Ze strany provozovatele se zjednodušilo řízení VZT jednotky, kde není nutno chodit vypínat jednotlivé části do strojovny vzduchotechniky. Díky vizualizaci může provozovatel nastavovat jednotlivé parametry, což doposud nemohl. Zároveň dojde k ušetření nákladů na topení a zároveň po úpravě řízení již nedochází k výpadkům kotlů do poruchového stavu.

Díky vytvoření datalogeru je možnost zpětně analyzovat chování regulace a ovládání jednotlivých prvků a reagovat na poznámky provozovatele k případným změnám nebo úpravám.

Díky možnosti vzdáleného přístupu je možné program dle požadavku kdykoliv online měnit pomocí vývojového prostředí Mosaic.

Z důvodu nalezených závad a nedostatků v technologii VZT jednotky, bude nutné provést údržbu samotného zařízení a některá další opatření. I přes současný stav VZT jednotky, se podařilo rozumně nastavit regulaci, která odpovídá zadání investora a překonává původní starou regulaci.

Po opravení závad dojde k vyhodnocení stavu a při nutnosti zásahu bude probíhat další ladění konstant regulátorů.

## 8 Zdroje

### Literatura

- [1] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi aneb jak to dělám já*. 1. vyd. BEN – technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-256-5.

### Internetové zdroje

- [2] LOM, Michal. Úvod do regulačních jednotek (DDC) v budovách. In: *tzb-info.cz* [online]. 23.11.2015 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/merici-a-regulacni-technika/13479-uvod-do-regulacnich-jednotek-ddc-v-budovach>
- [3] LOM, Michal a MATZ, Václav. Model řízení vzduchotechnické jednotky. In: *tzb-info.cz* [online]. 22.4.2013 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
- [4] DUDEK, Jan. Elektrická vedení. In: *feil.vsb.cz* [online]. 2006 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: [http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/10\\_Vedeni\\_FBI.pdf](http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/10_Vedeni_FBI.pdf)
- [5] *Teco* [online]. Kolín: Teco a.s., c2017 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/>
- [6] *INVERTEK CZ* [online]. Frenštát pod Radhoštěm: INVERTEK CZ, s.r.o., c2017 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <http://www.invertek.cz/>
- [7] *Rem* [online]. Brno: REM-Technik s.r.o. [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/>
- [8] *Comet* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, s.r.o., c2018 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/>
- [9] *Technix: Detektory hořlavých plynů* [online]. Bystřice nad Pernštejnem, c1994 – 2005 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://www.technix.cz/dhp4.htm>
- [10] *Honeywell: DDC regulátor Excel 50 – Panther: Projekční podklady* [online]. Honeywell spol. s.r.o., c2018 [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <http://products.centraline.com/cz/pdf/xl50panthercz01r0308.pdf>
- [11] Tabulky a výpočty: Ekvitermní křivky. In: *tzb-info.cz* [online]. [cit. 14.4.2017]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/50-ekvitermni-krivky>

## **9 Seznam příloh**

Příloha A: Schéma zapojení nového rozvaděče pro VZT jednotku a kotelnu

Příloha B: Technologické schéma VZT jednotky a kotelny

Příloha C: CD

Obsah CD:

- GAJ0068 – Diplomová práce.pdf – diplomová práce ve formátu PDF
- GAJ0068 – Kino\_Olomouc – program pro vývojové prostředí Mosaic
- GAJ0068 – Dataloger.xls – parametry pro ladění VZT ve formátu MS Excel
- GAJ0068 – RA1.pdf – Schéma rozvaděče ve formátu PDF
- GAJ0068 – TS.pdf – Technologické schéma VZT jednotky a kotelny

1

2

3

4

5

6

7

8

# RA1

## Kino Metropol

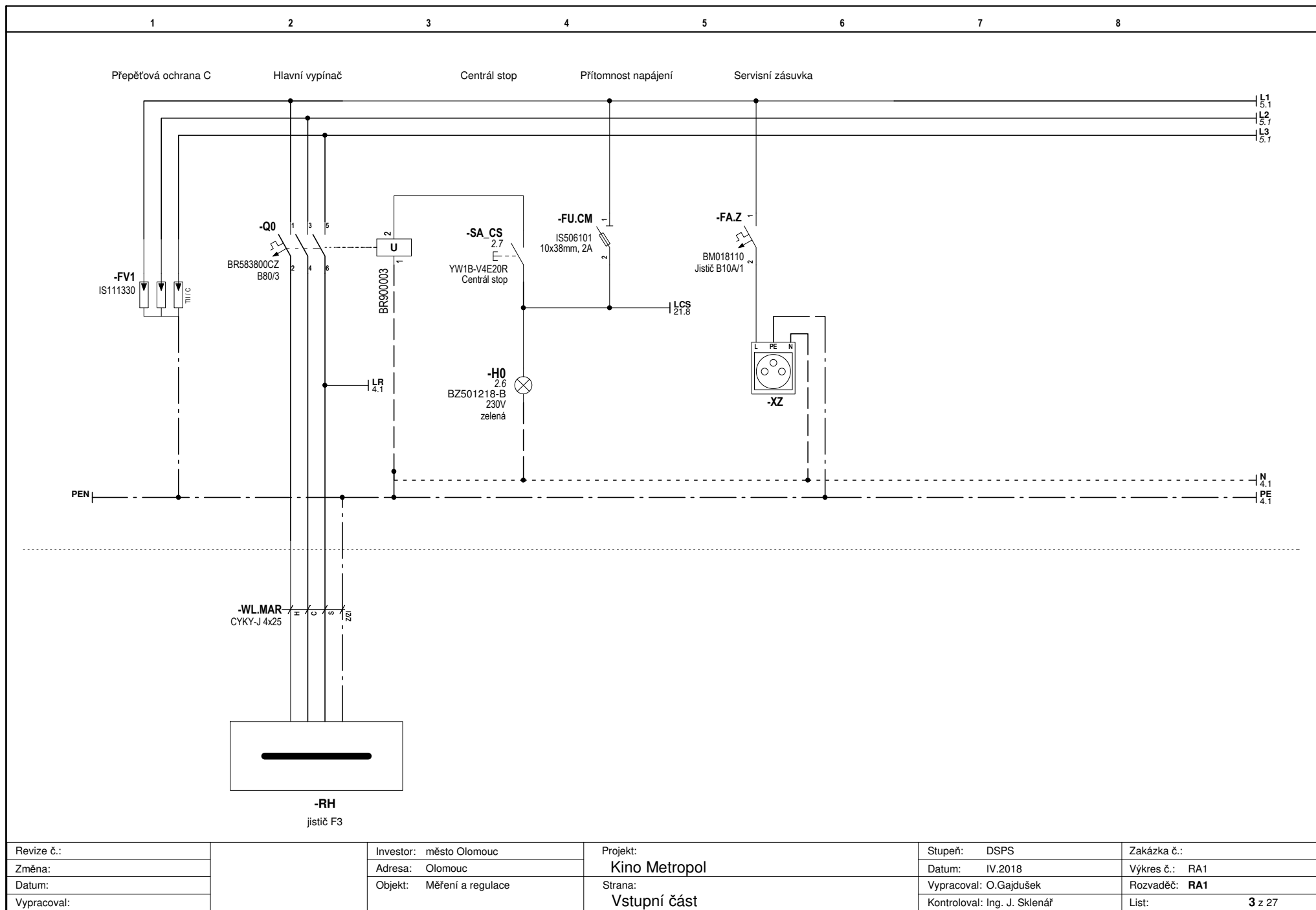
### IV.2018

#### Dokumentace skutečného provedení stavby

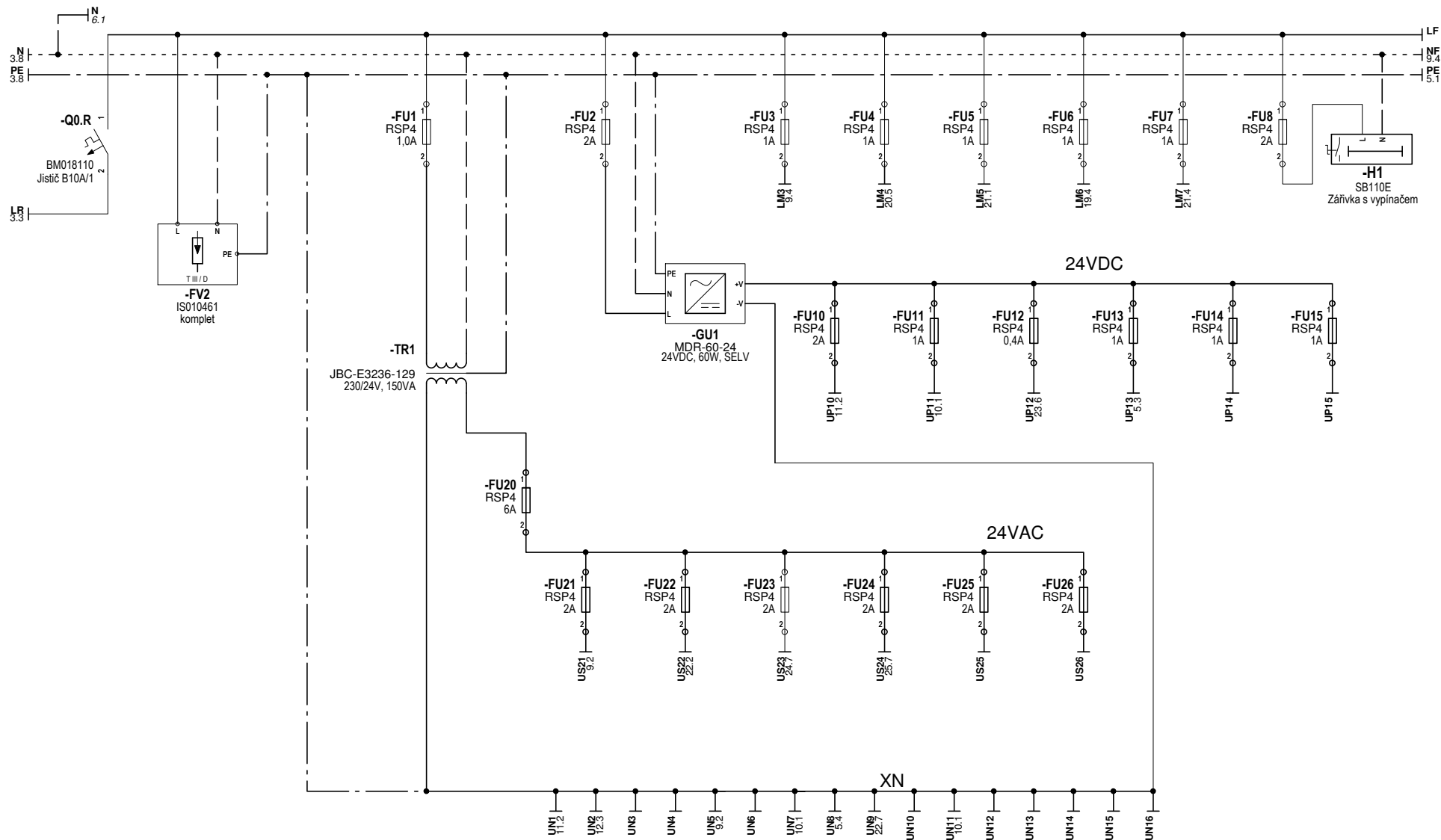
|             |  |                           |                           |                              |                      |
|-------------|--|---------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:<br>Kino Metropol | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:          |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           |                           | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1       |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace |                           | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: <b>RA1</b> |
| Vypracoval: |  |                           |                           | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: <b>1</b> z 27  |



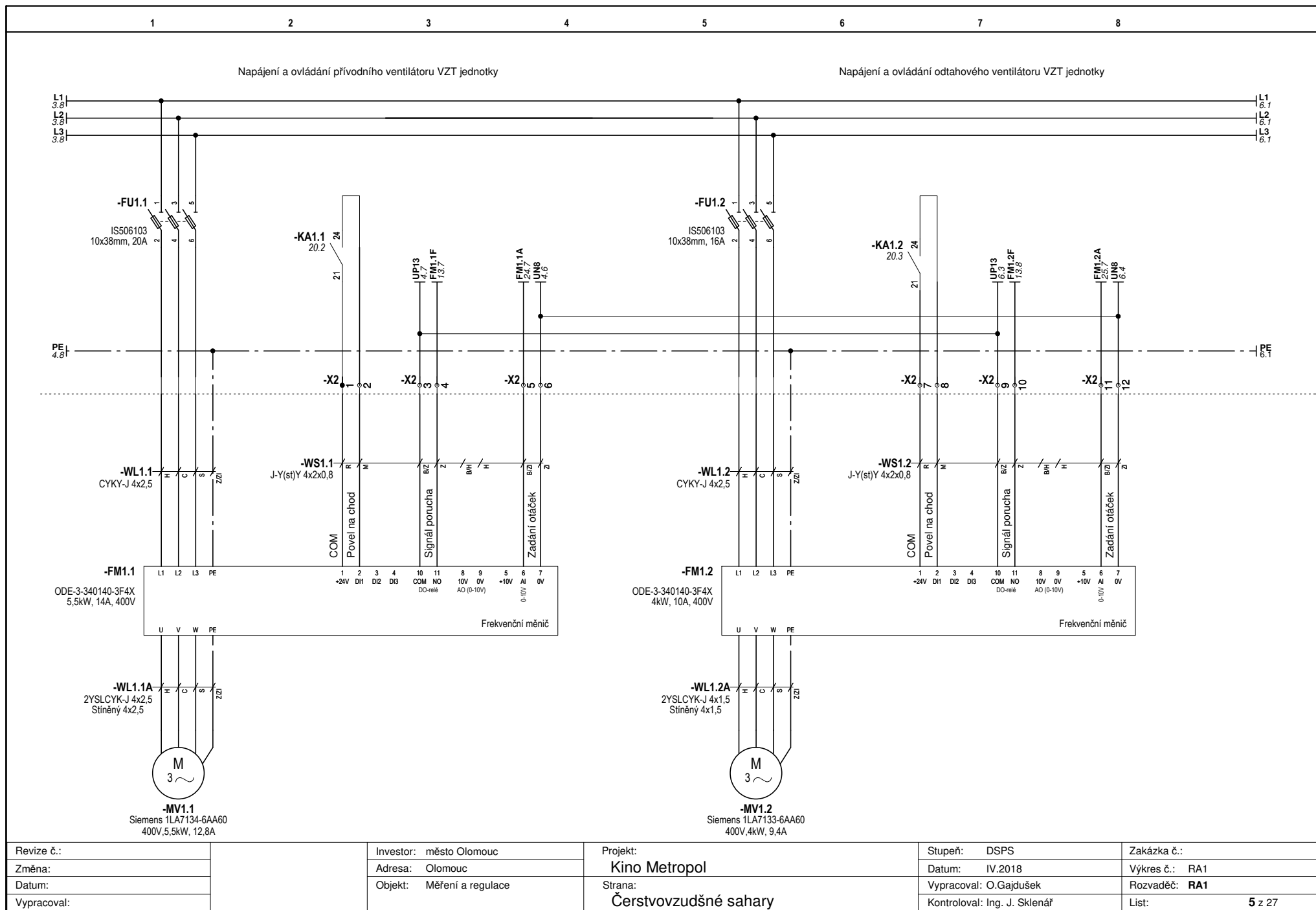


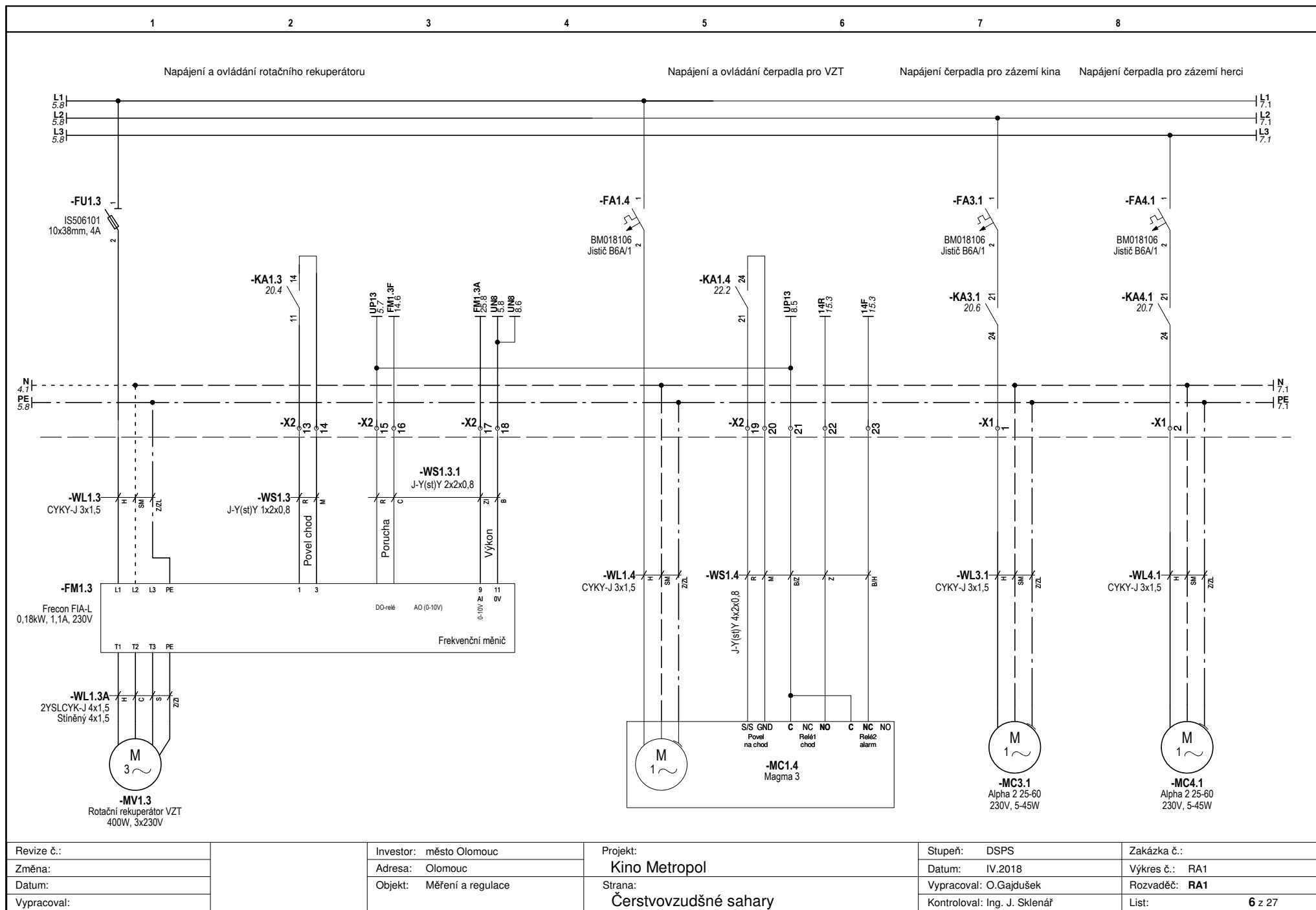


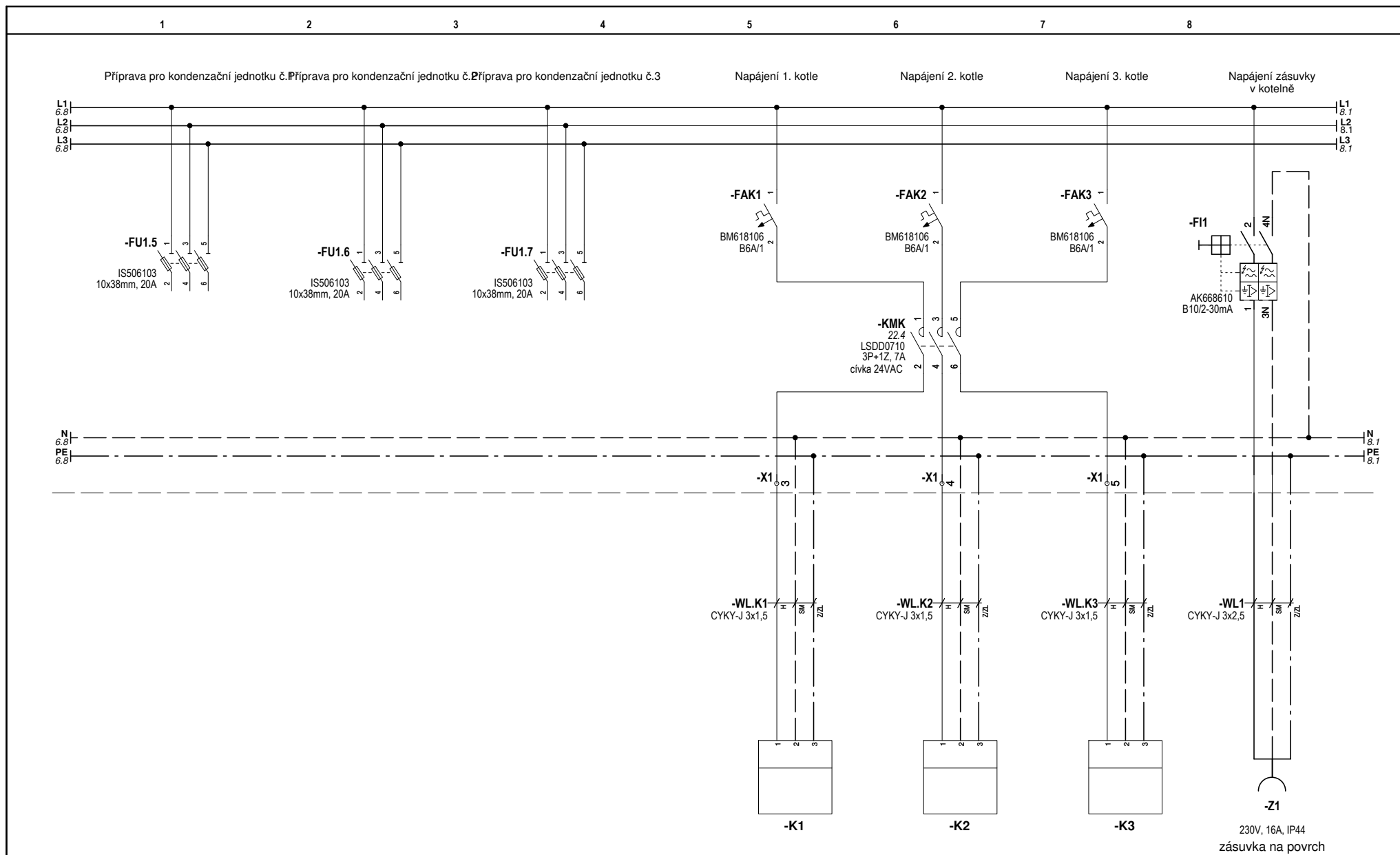
Obvody pod napětím i při vypnutém hlavním vypínači Q0



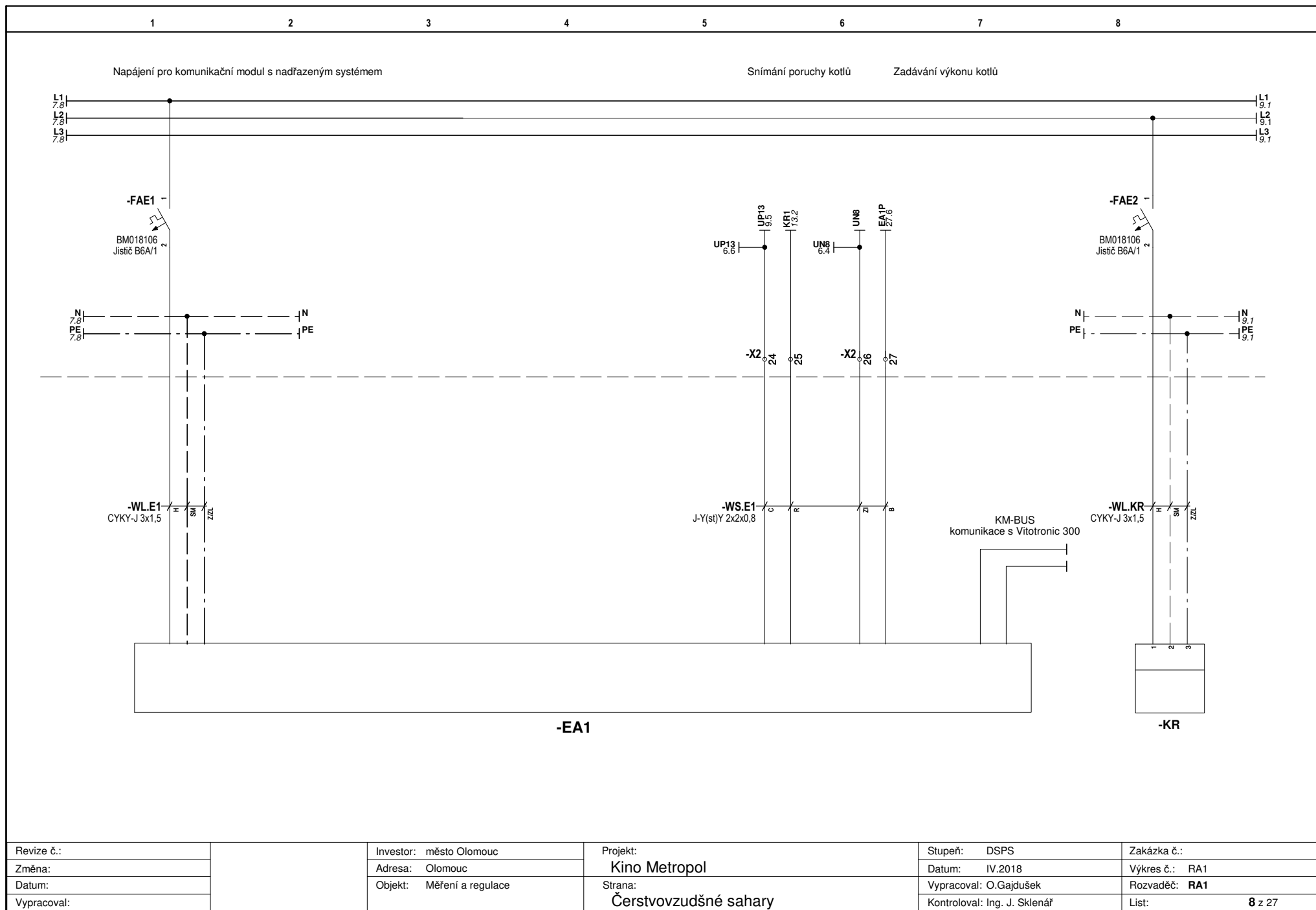
|             |  |                           |               |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|---------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:      | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:       | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Řídicí napětí | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 4 z 27   |



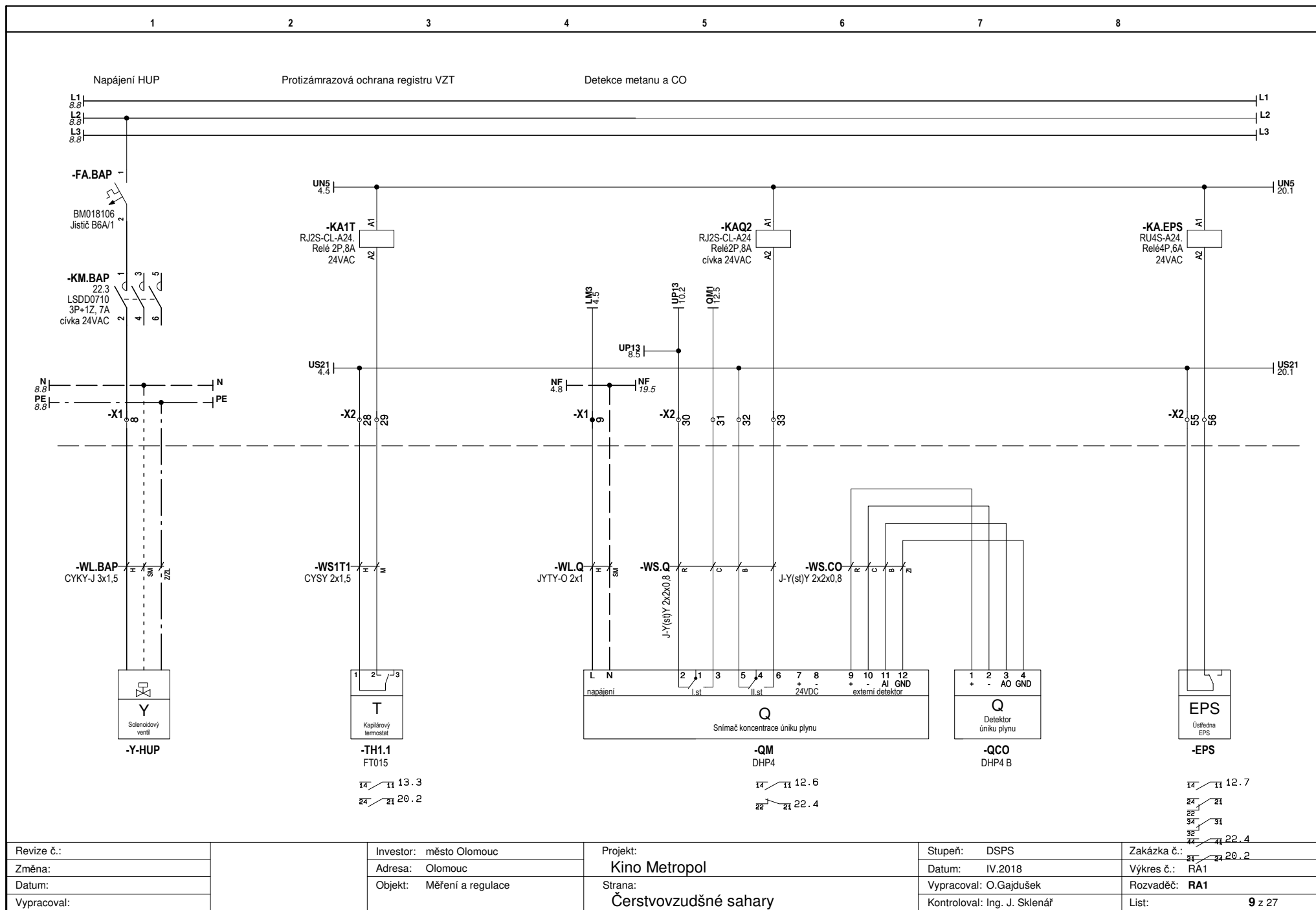


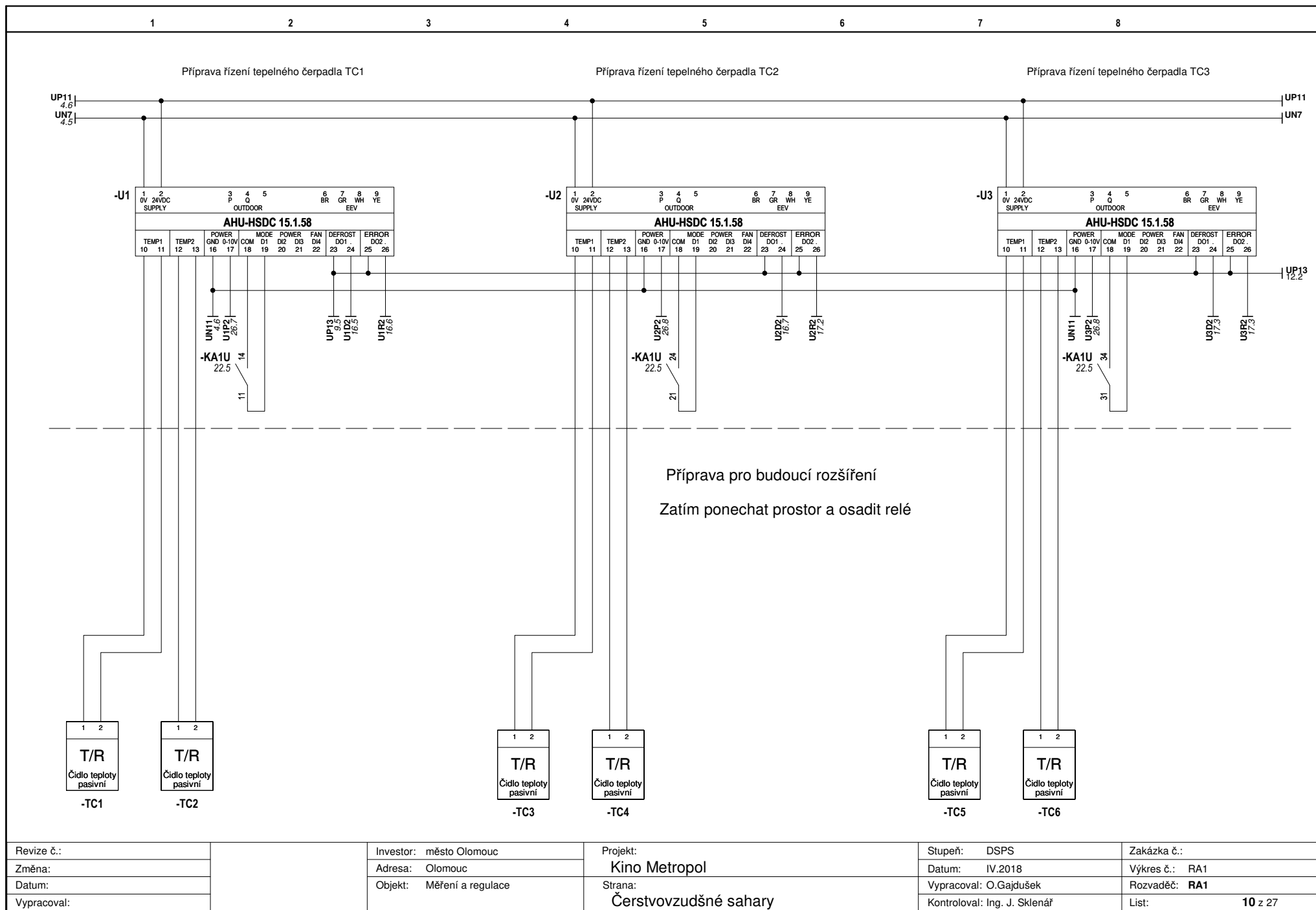


|             |  |                           |                            |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt: DSPS              | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol              | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana: Čerstvovzudné sahy | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           |                            | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 7 z 27   |



|             |  |                           |                       |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:              | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol         | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:               | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Čerstvovzdušné sahary | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 8 z 27   |

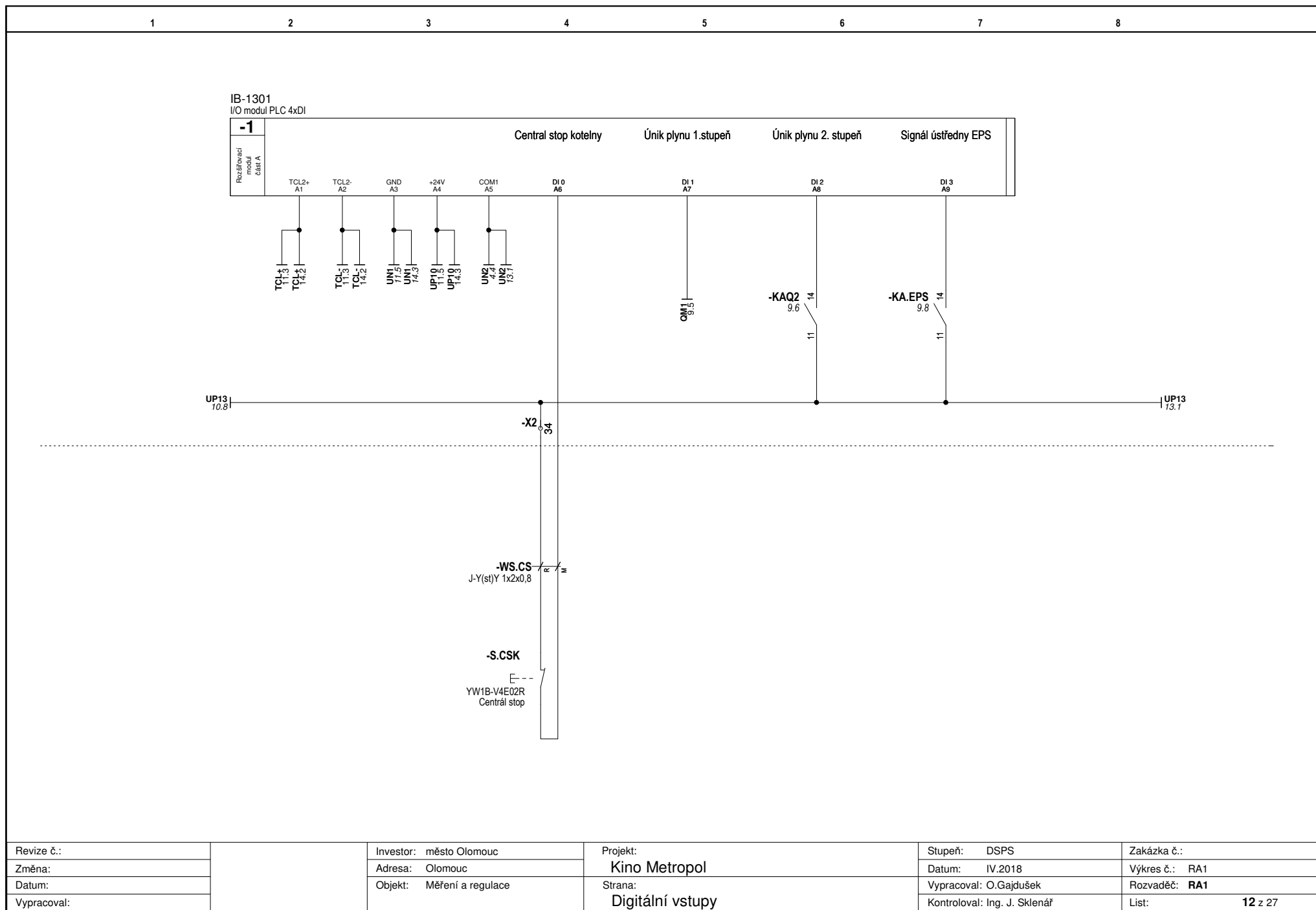




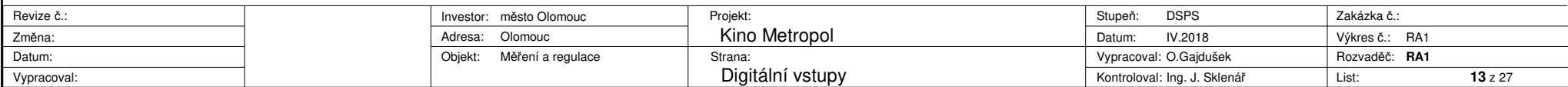
|             |  |                           |                       |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:              | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol         | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:               | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Čerstvovzdušné sahary | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 10 z 27  |

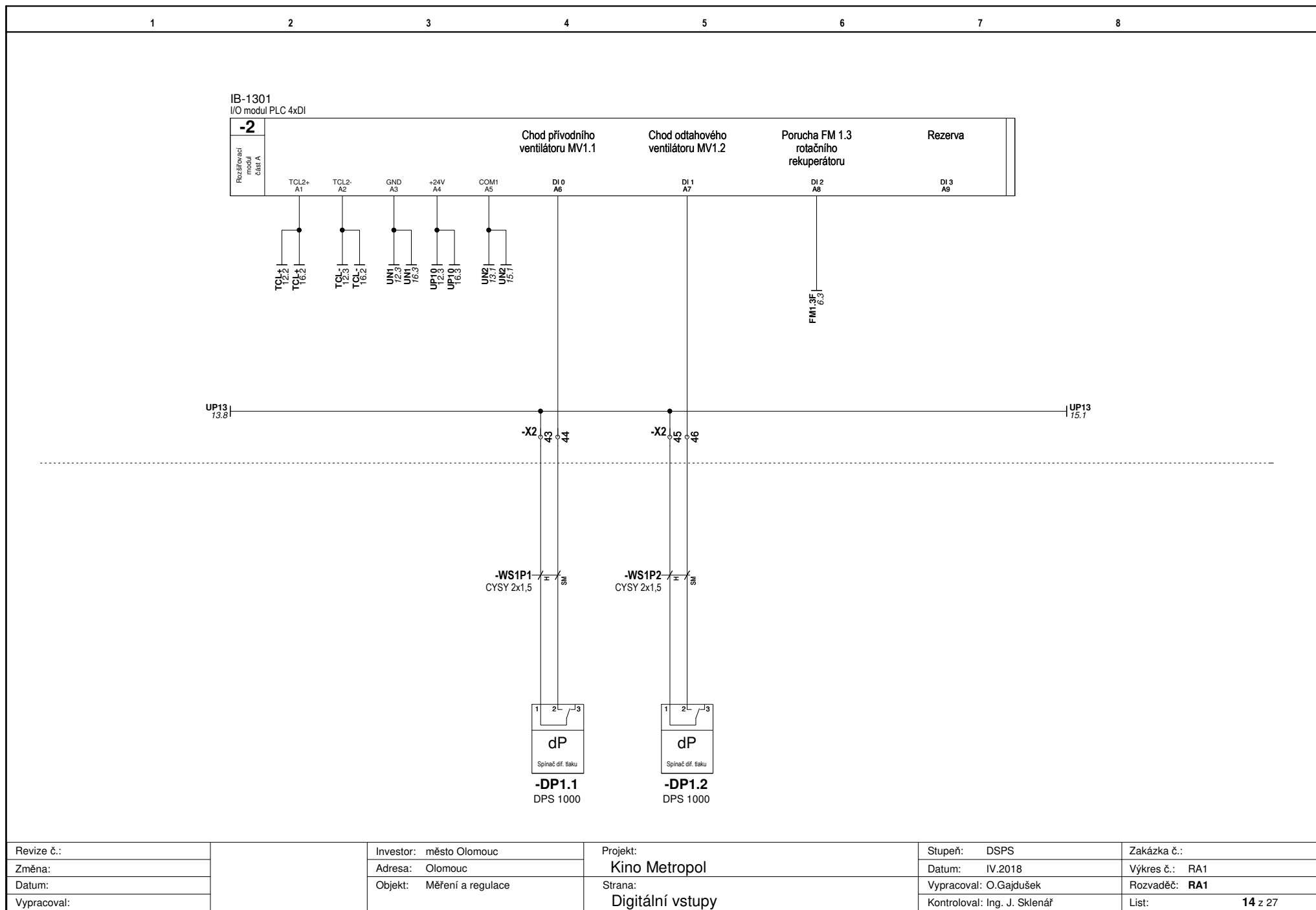


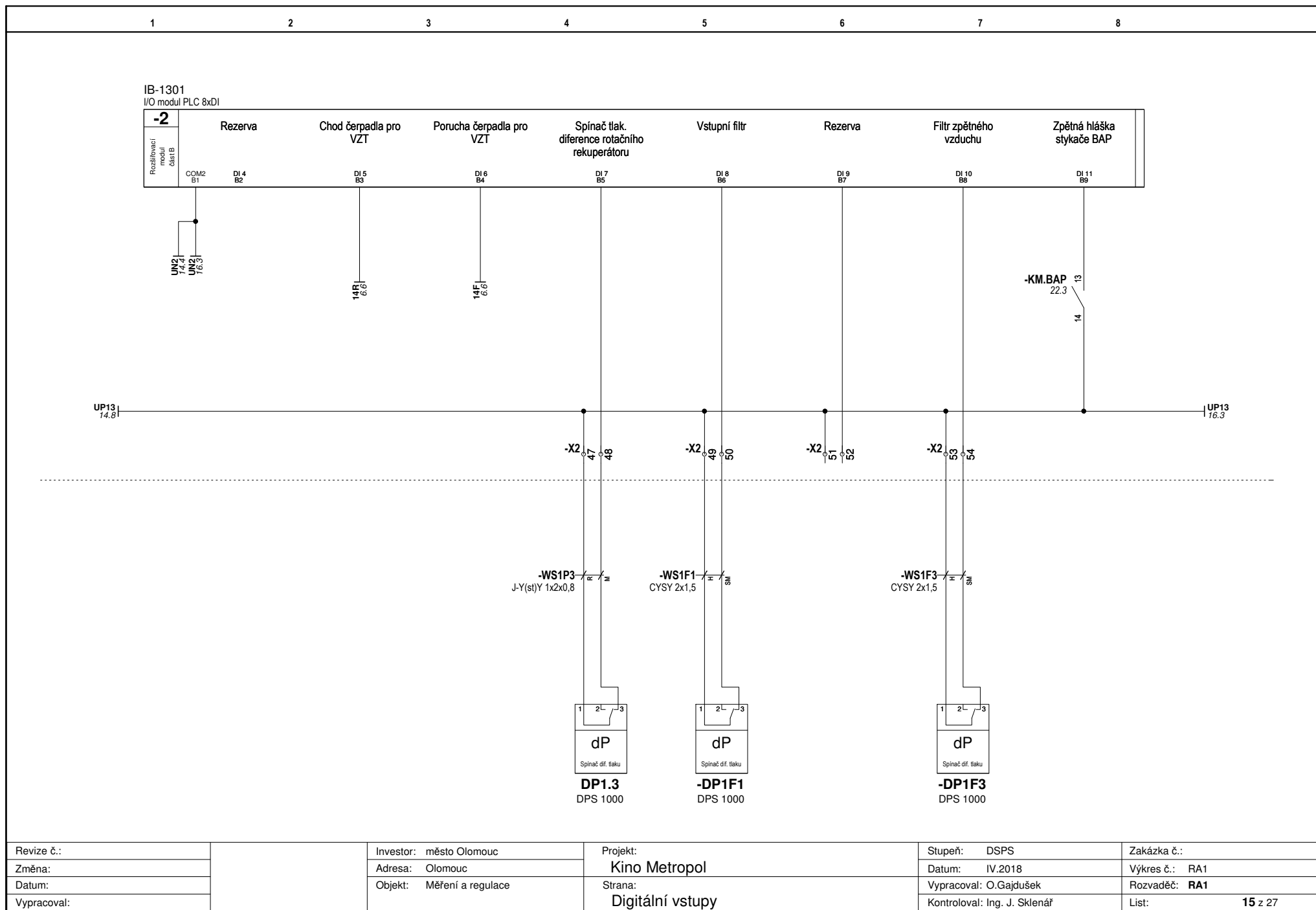




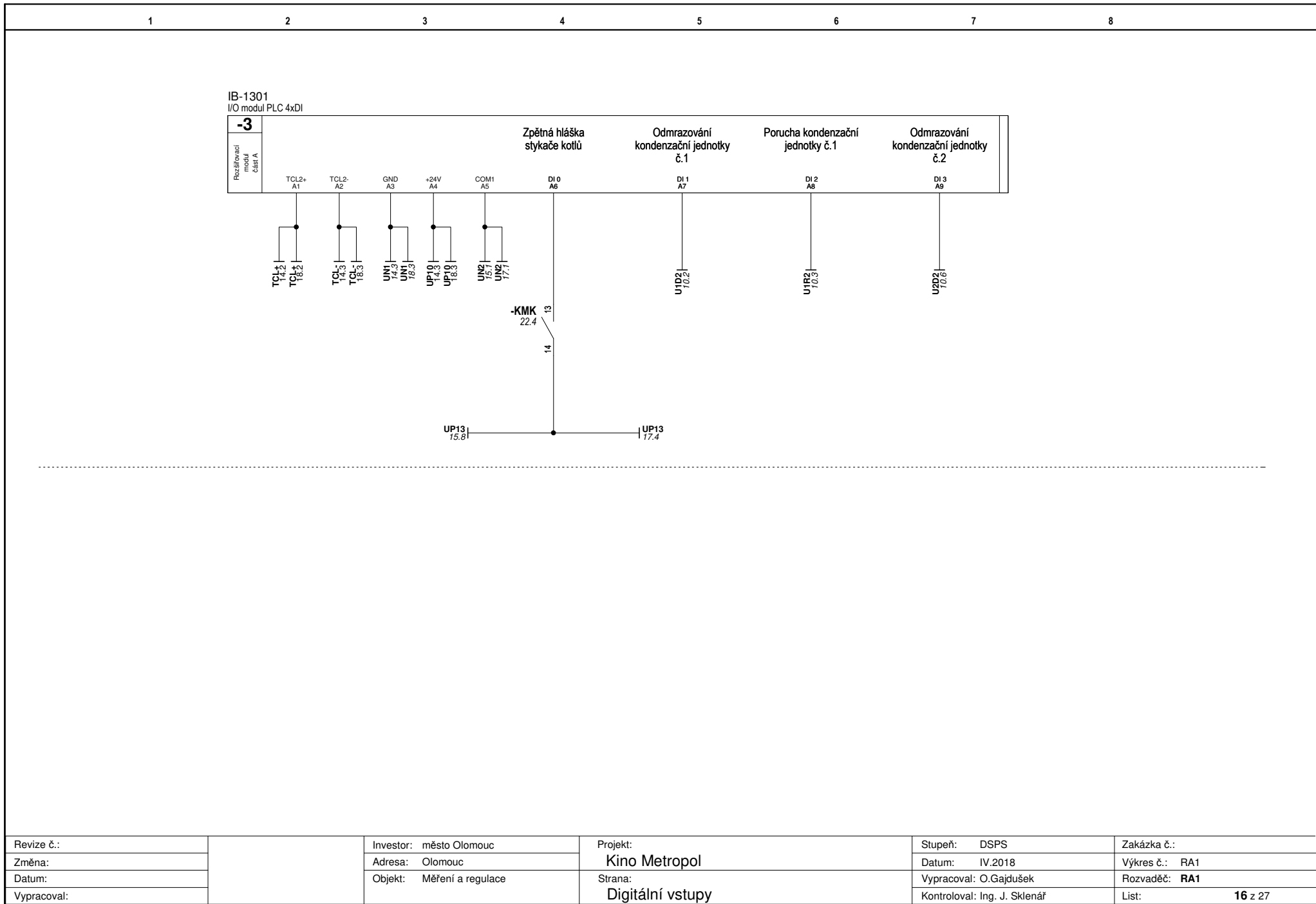
|             |  |                           |                  |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:         | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol    | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:          | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Digitální vstupy | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 12 z 27  |

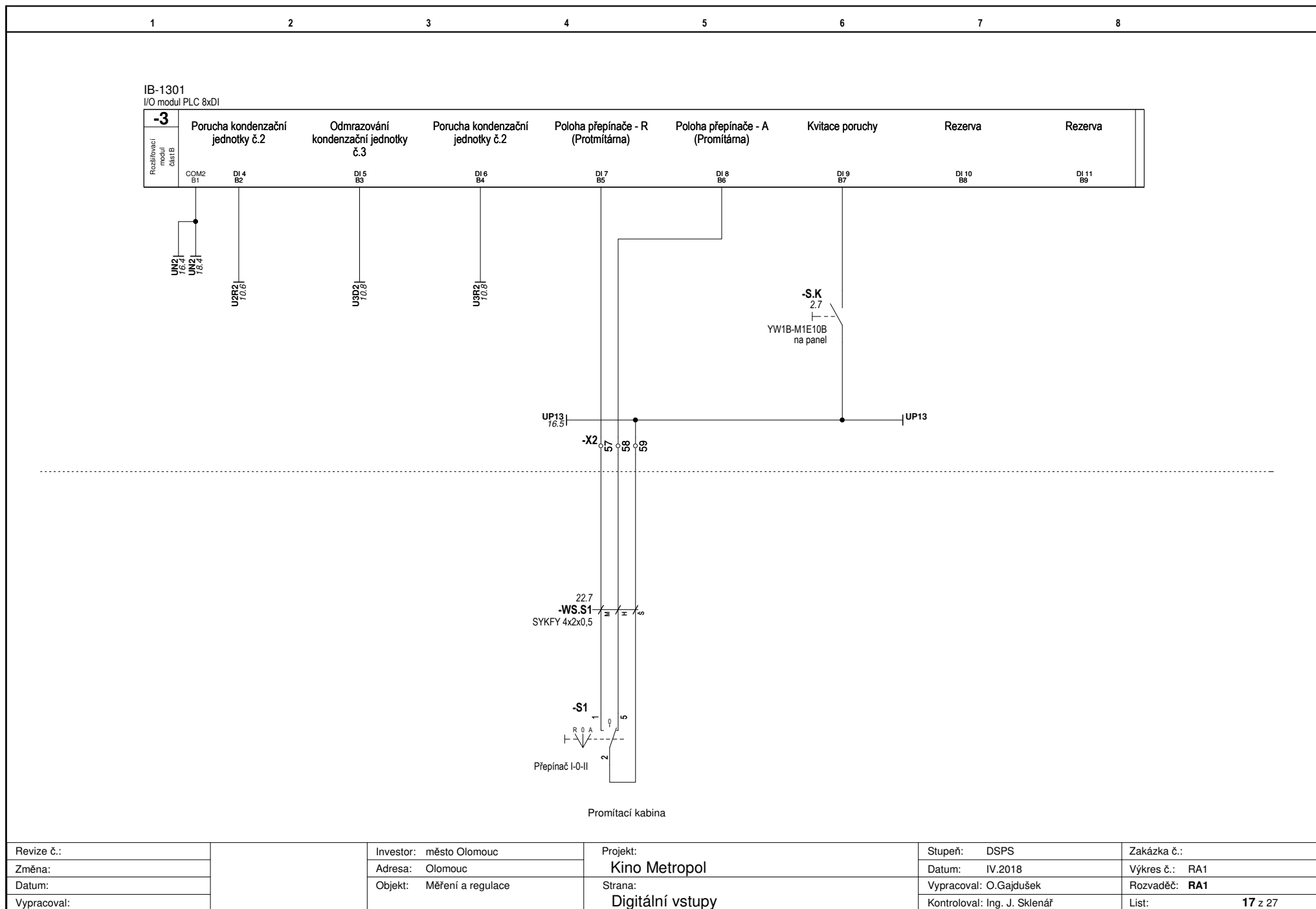




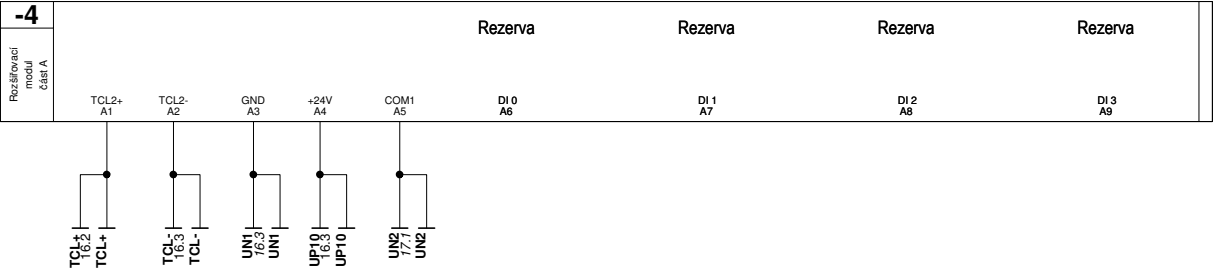


|             |  |                           |                          |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt: Kino Metropol   | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           |                          | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana: Digitální vstupy | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           |                          | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 15 z 27  |

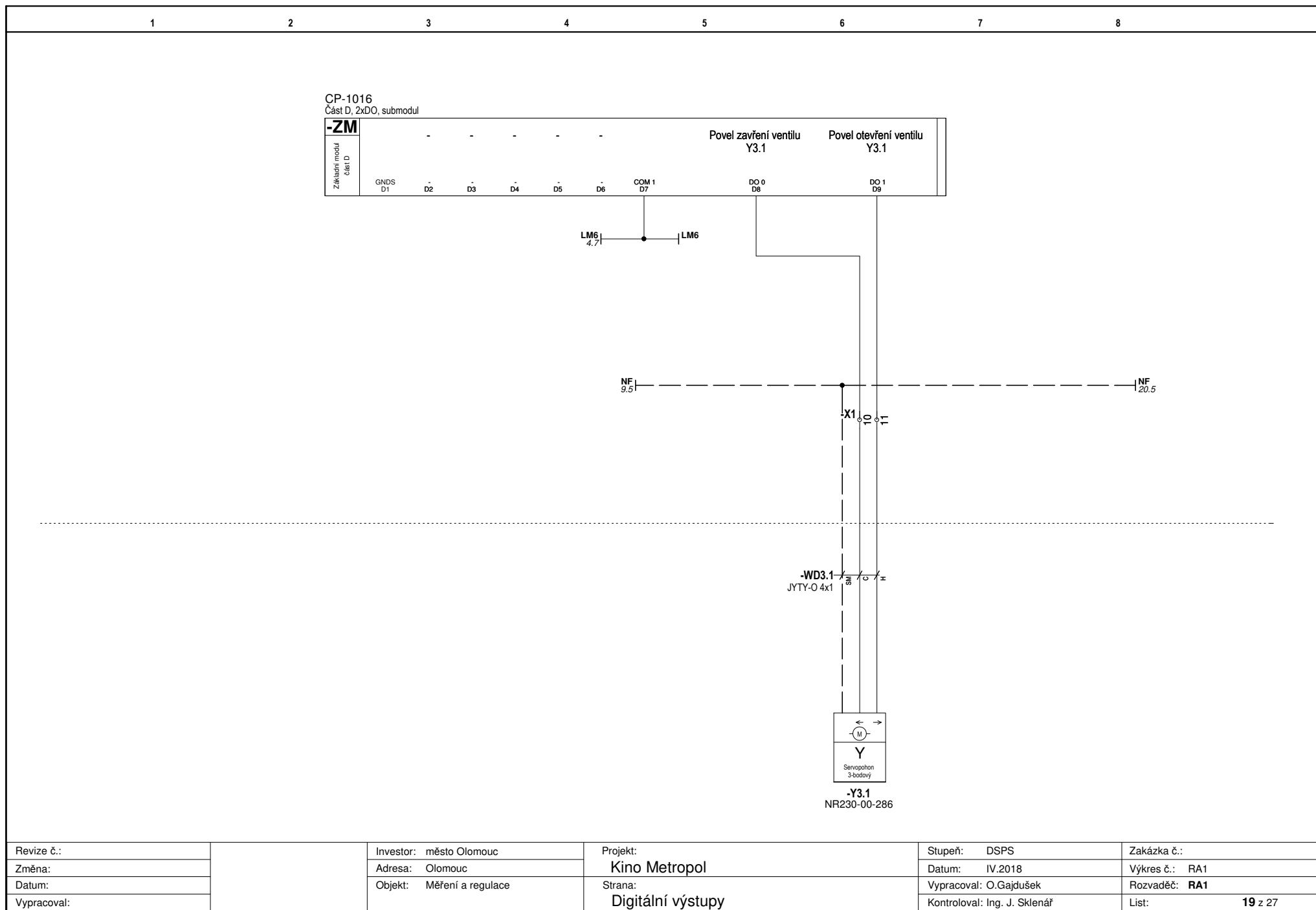




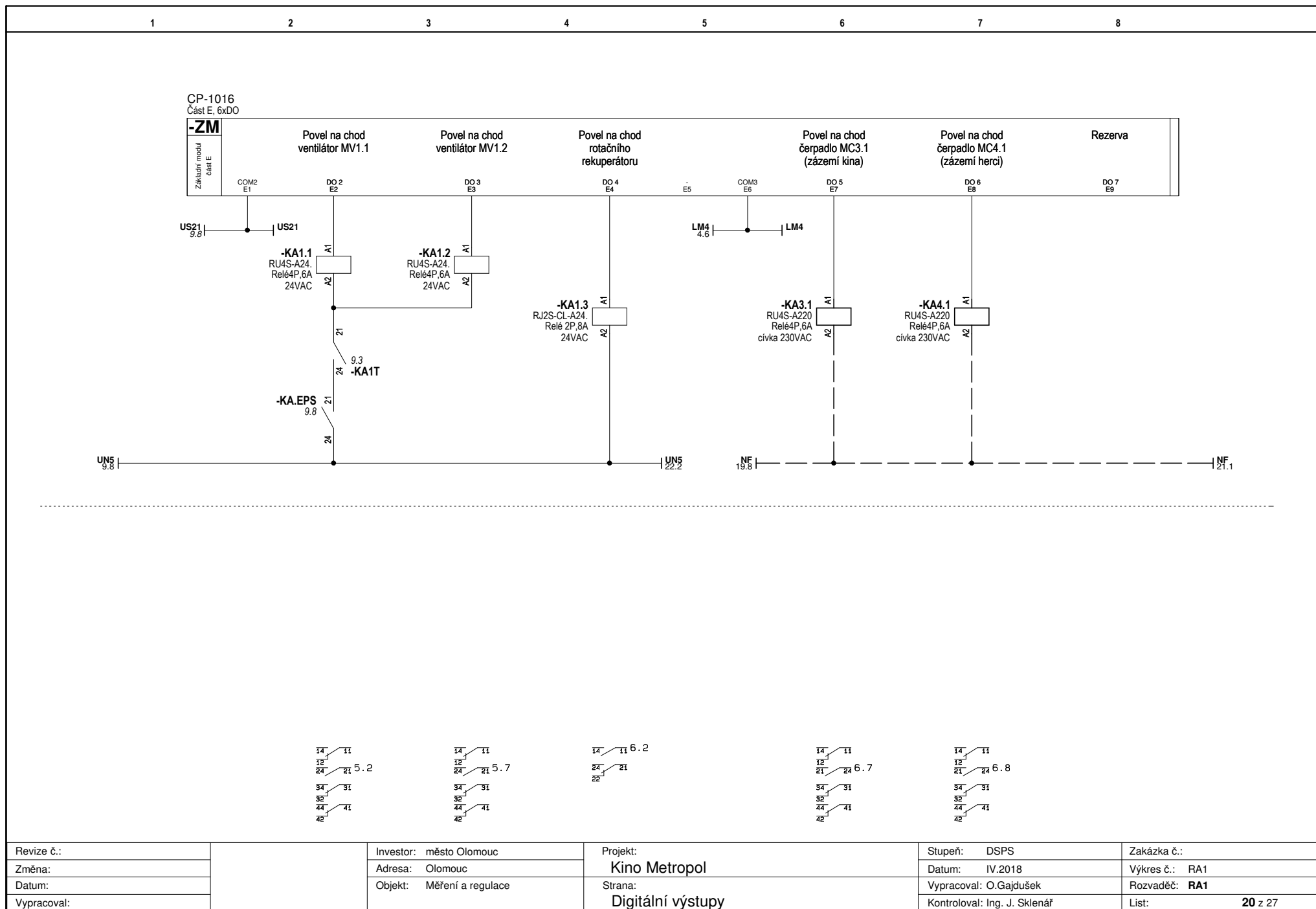
IR-1501  
I/O modul PLC 4xDI

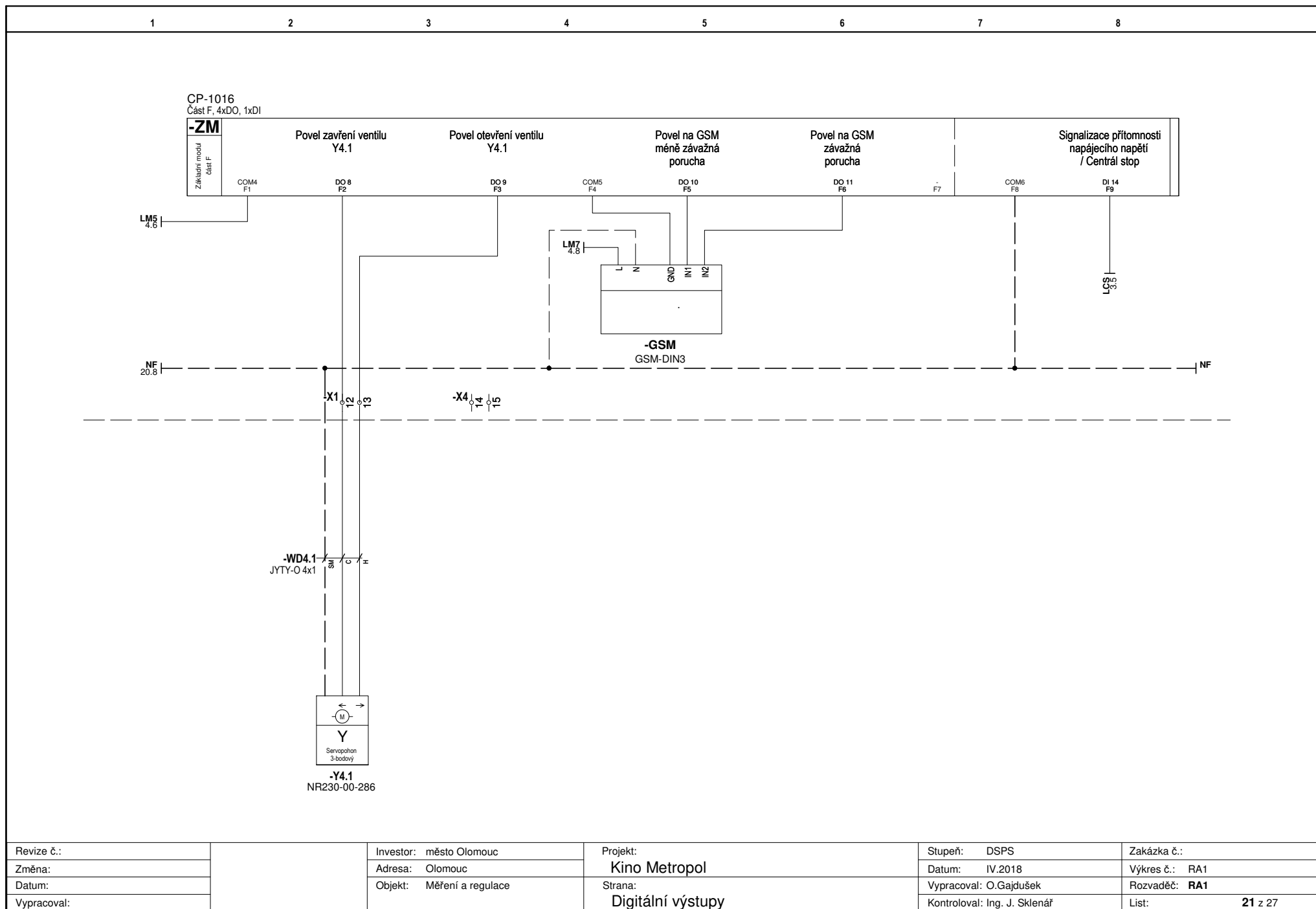






|             |  |                           |                           |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:<br>Kino Metropol | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           |                           | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace |                           | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           |                           | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 19 z 27  |





|             |  |                           |                   |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|-------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:          | Stupeň: DS                   | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol     | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:           | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Digitální výstupy | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 21 z 27  |

1 2 3 4 5 6 7 8

IR-1501  
I/O modul PLC 8xDO

| -4         | Povel na chod<br>čerpadlo MC1.4<br>(VZT jednotka) | Povel na chod<br>čerpadlo MC2.1<br>sahara 2.1 | Povel na chod<br>- napájení kotlů | Přepínání<br>chlazení / topení<br>kondenzač.jednotek | Houkačka   | Sumární porucha | Rezerva    | Rezerva    |
|------------|---|---|-----------------------------------|--|------------|-----------------|------------|------------|
| COM2<br>B1 | DO 0<br>B2  | DO 1<br>B3                                    | DO 2<br>B4                        | DO 3<br>B5   | DO 4<br>B6 | DO 5<br>B7      | DO 6<br>B8 | DO 7<br>B9 |

US22  
4.5

-KA1.4  
RU4S-A24.  
Relé4P,6A  
24VAC

-KM.BAP  
LSDD0710  
3P+1Z, 7A  
cívka 24VAC

-KMK  
LSDD0710  
3P+1Z, 7A  
cívka 24VAC

-KAQ2  
9.6

-KA.EPS  
9.8

-KA1U  
RU4S-A24.  
Relé4P,6A  
24VAC

-H1

-HF  
BZ501210-B  
24V, červená

UN5  
20.5

UN9  
4.6

UN9  
24.7

UN5

-X2  
6.0  
6.1

17.4  
-WS.S1  
SYKFY 4x2x0,5

-HAF  
2.7  
stávající  
24V, červená

Promítací kabina

14 11  
12 21 6.5  
34 31  
32 41  
42

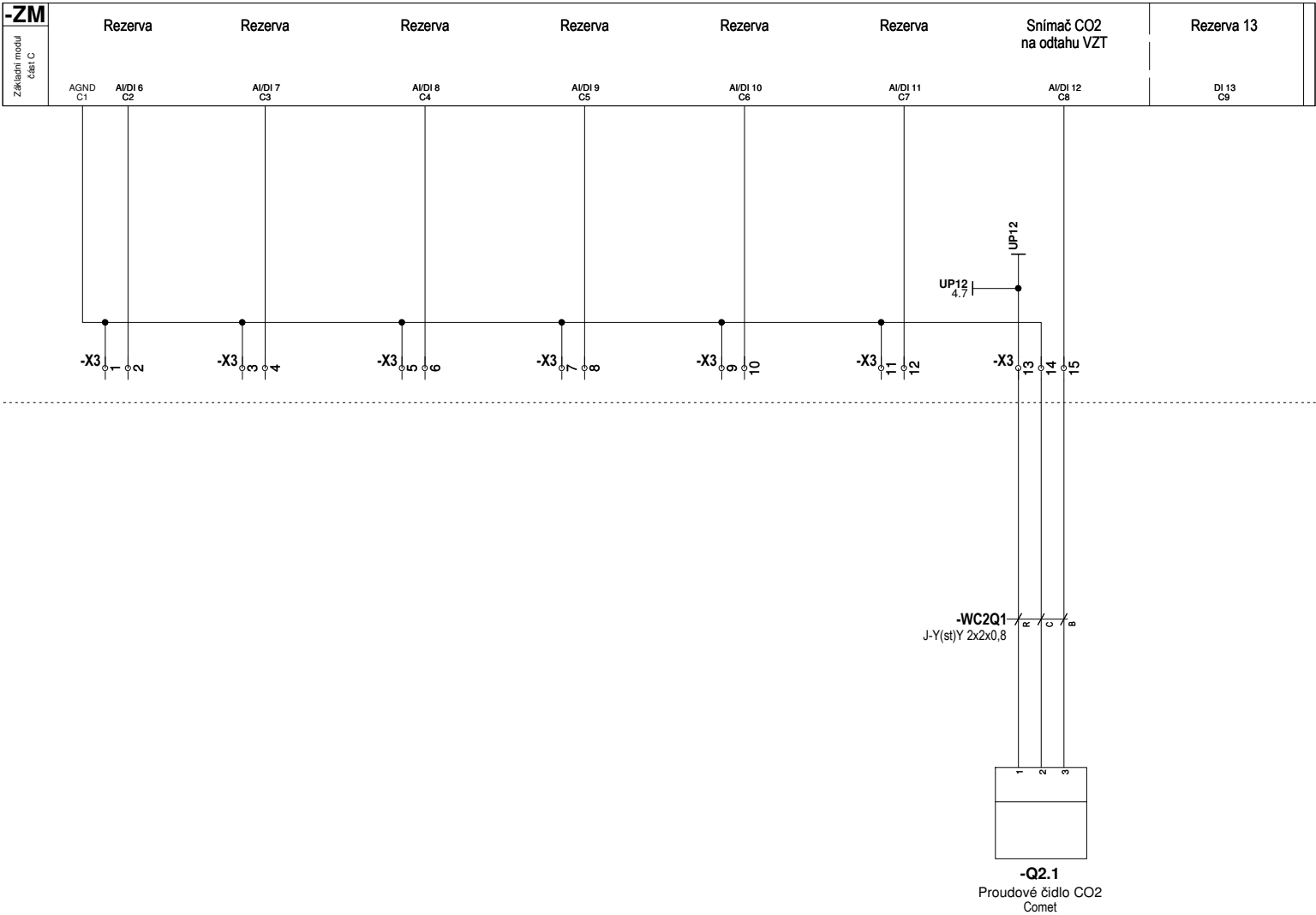
5 6 9.1  
3 4  
1 2  
13 14 15.8

5 6 7.6  
3 4  
1 2  
13 14 16.4

14 11 10.2  
24 21 10.5  
34 31 10.8  
44 41  
42

|             |  |                           |                           |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt: Kino Metropol    | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Strana: Digitální výstupy | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace |                           | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           |                           | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 22 z 27  |

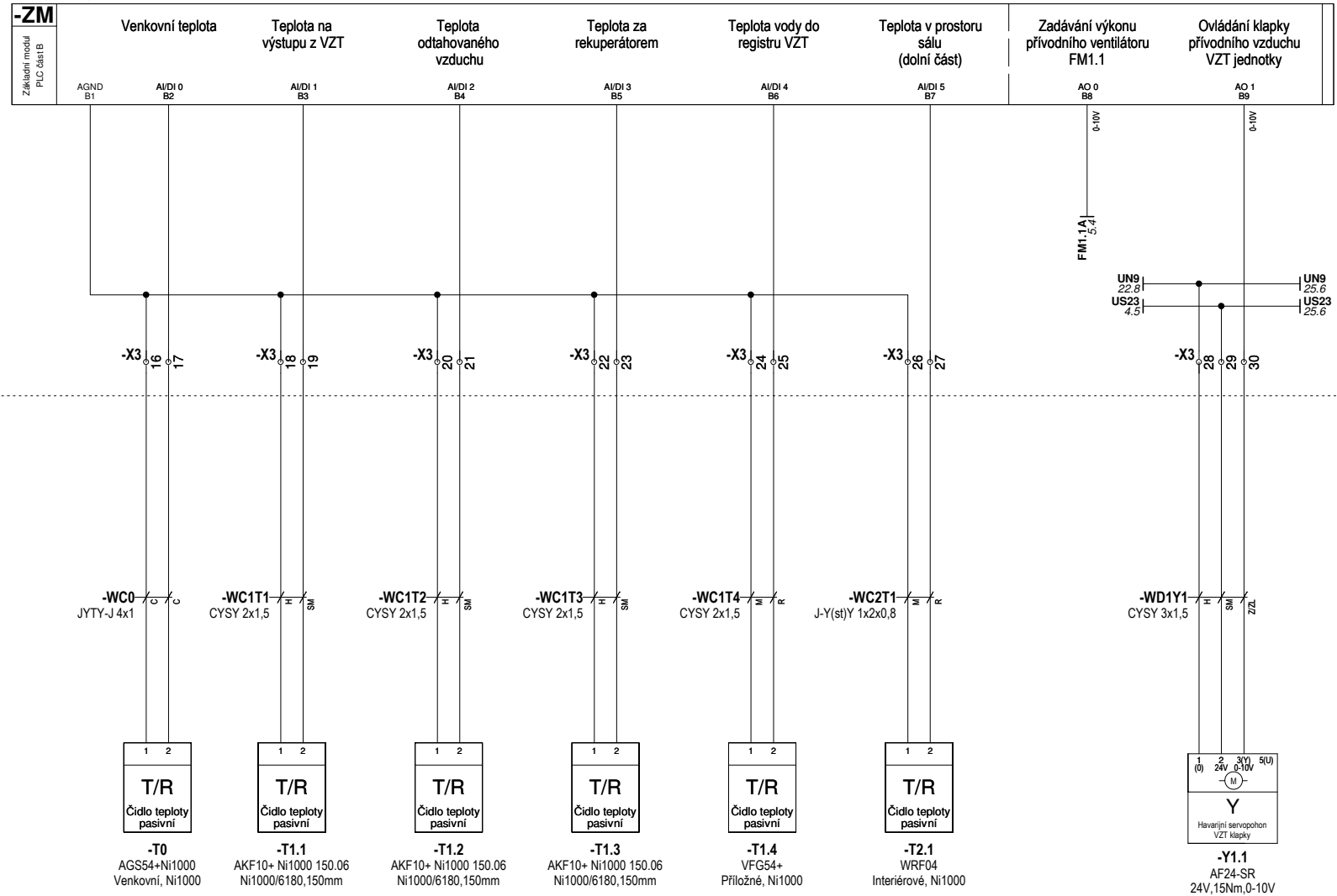
CP-1016  
Část C, 7xAI/DI, 1xDI



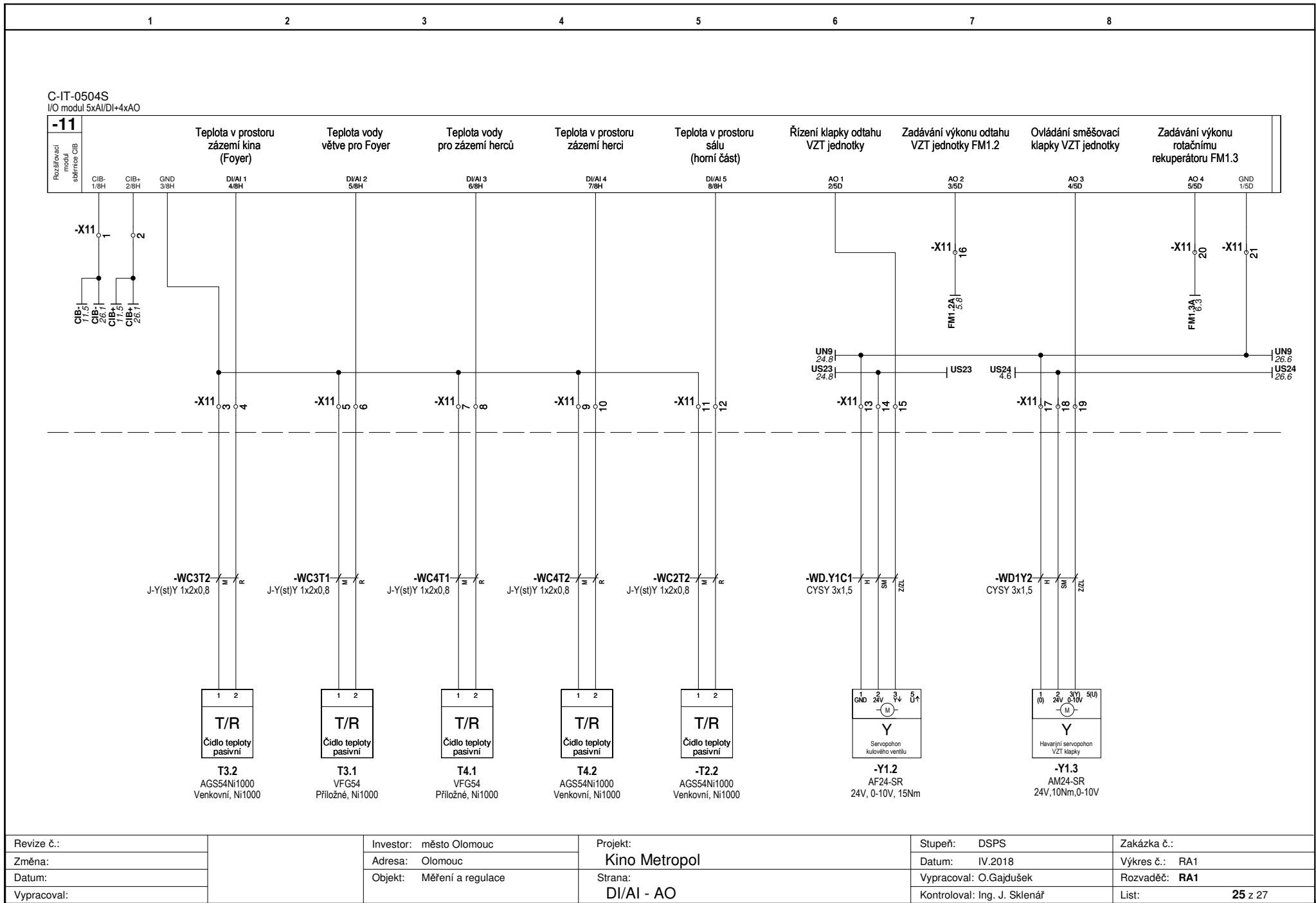
|             |  |                           |                        |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt: Kino Metropol | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           |                        | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace |                        | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           |                        | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 23 z 27  |

1 2 3 4 5 6 7 8

CP-1016  
Část B, 6xAI/DI, 2xAO

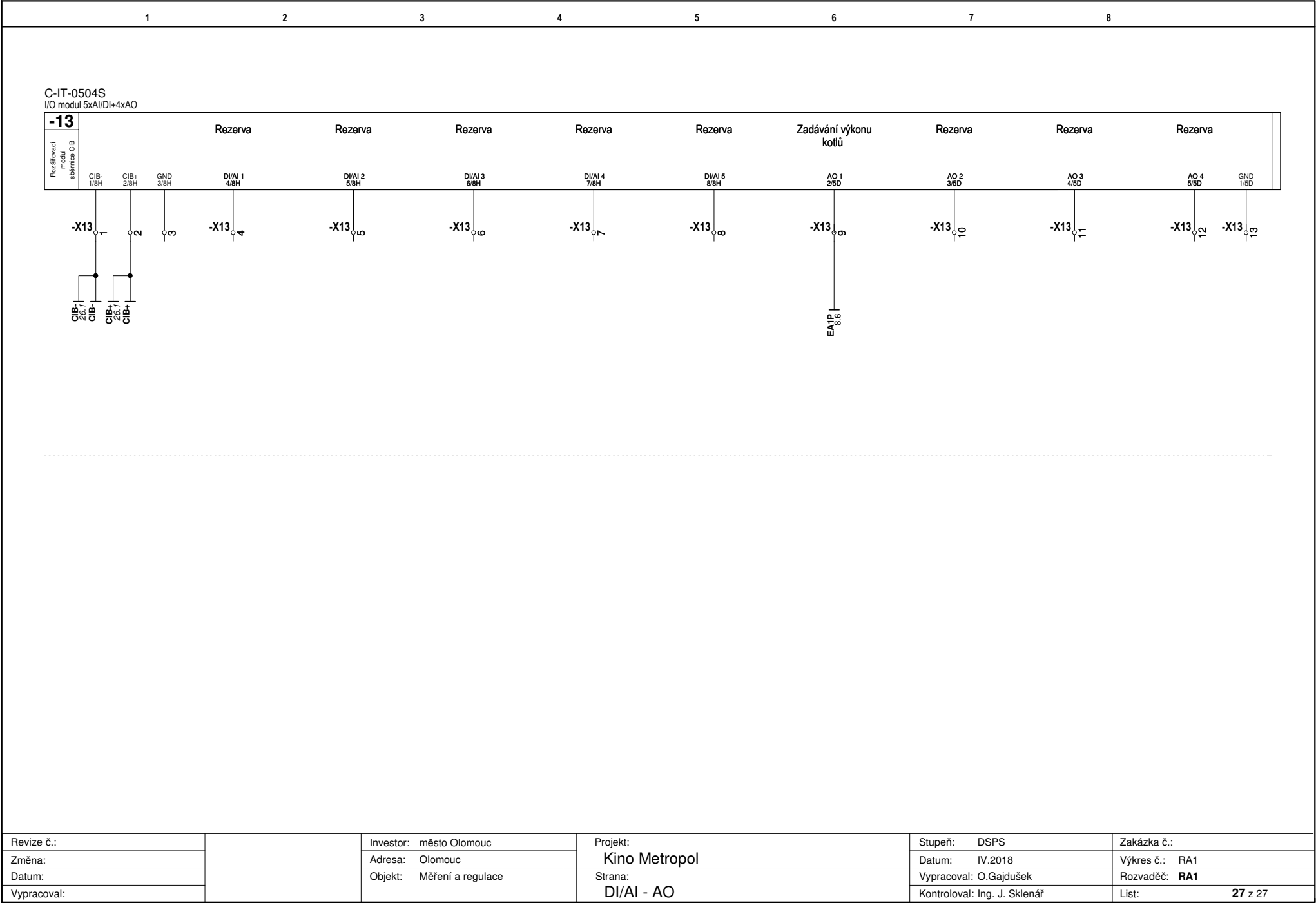


|             |  |                           |                        |                              |                |
|-------------|--|---------------------------|------------------------|------------------------------|----------------|
| Revize č.:  |  | Investor: město Olomouc   | Projekt:               | Stupeň: DSPS                 | Zakázka č.:    |
| Změna:      |  | Adresa: Olomouc           | Kino Metropol          | Datum: IV.2018               | Výkres č.: RA1 |
| Datum:      |  | Objekt: Měření a regulace | Strana:                | Vypracoval: O.Gajdušek       | Rozvaděč: RA1  |
| Vypracoval: |  |                           | Analogové vstupy + 2AO | Kontroloval: Ing. J. Sklenář | List: 24 z 27  |

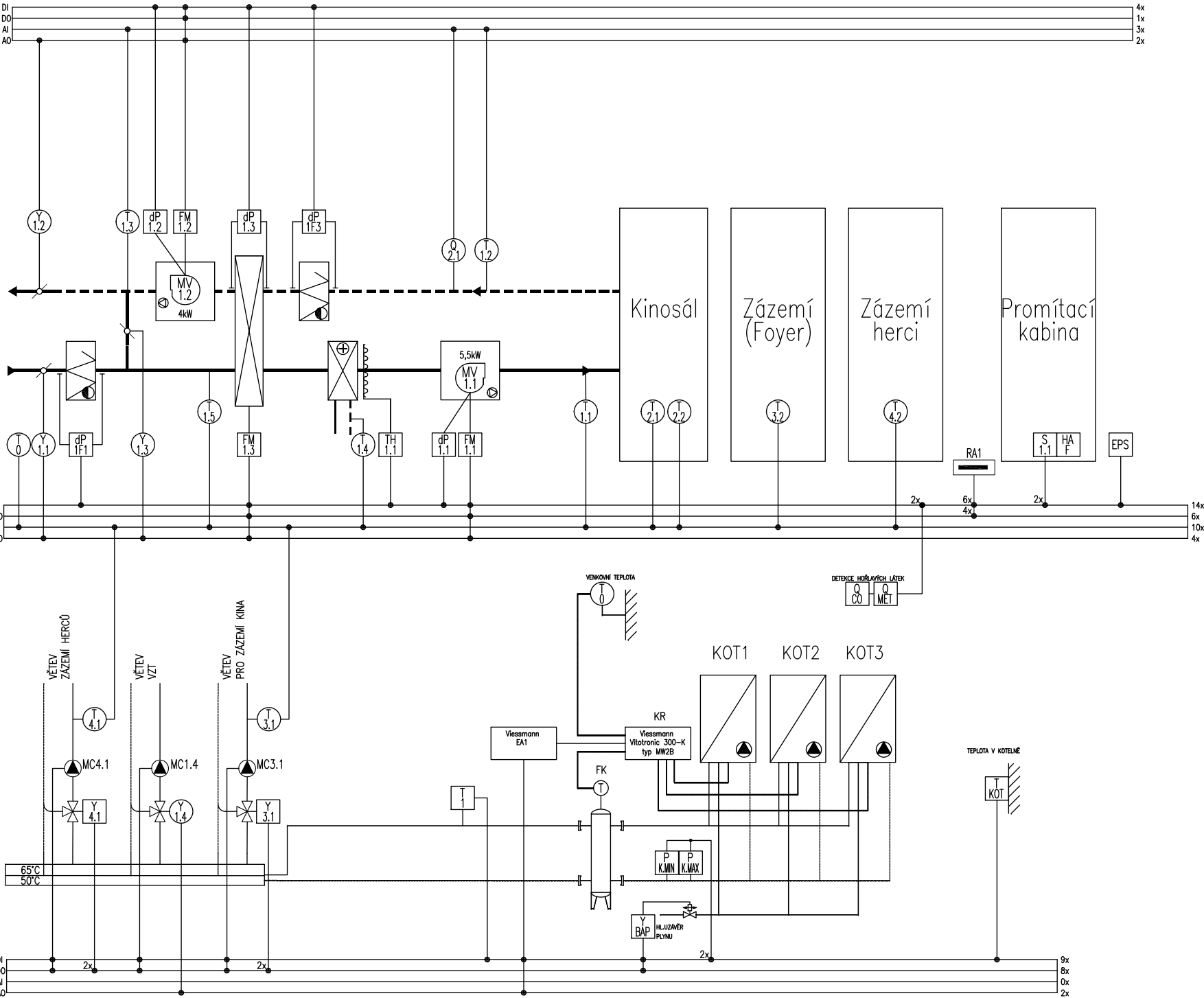








Kino



- EPS EPS
- P Presostat
- FM Frekvenční měnič
- Q Snímač CO2
- T Čidlo teploty
- T Termostat
- TH Havarijní termostat
- HA Signálka
- Y Analogový servopohon
- Y Servopohon 0/1
- dP Spínač tlakové difference
- S Tlačítka - vypínač
- Rozvaděč
- MV Motor ventilátoru
- Q Detekce plynů
- HA Signálka
- Y Servopohon 0-10 V
- Y Servopohon 0/1